

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat RIZA Lelystad

Vergelijking Rekenharten SOBEK River en SOBEK Rural

rapport

december 2000

	bibliotheek postbus 177 - 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB	
WL	
EXPL	

Vergelijking Rekenharten SOBEK River en SOBEK Rural

Siebe Bosch

rapport

december 2000



Inhoud

1	Inleiding	1-1
2	Versiebeheer en installatie	2-1
3	Handreiking voor het gebruik van de modellen	3-1
4	Het Lollebeek-model.....	4-1
4.1	Inleiding.....	4-1
4.2	Procedure.....	4-1
4.3	Aanpassingen en aannamen ten behoeve van de vergelijking	4-2
4.3.1	Laterale debieten	4-2
4.3.2	Kunstwerken	4-2
4.3.3	Frictie.....	4-3
4.3.4	Profielen	4-3
4.3.5	Randknopen	4-3
4.3.6	Simulatieperiode	4-3
4.4	Bespreking van de resultaten	4-3
5	Het Noordelijk Delta Bekken model	5-1
5.1	Inleiding.....	5-1
5.2	Procedure.....	5-1
5.3	Aanpassingen en aannamen ten behoeve van de vergelijking	5-2
5.3.1	Taklengtes	5-2
5.3.2	Haringvlietsluizen	5-2
5.3.3	Stormvloedkering Nieuwe Waterweg	5-3
5.3.4	Kering Hollandse IJssel	5-4
5.3.5	Hartelkering.....	5-5
5.3.6	Subsecties.....	5-5
5.3.7	Randknopen	5-6
5.3.8	Simulatieperiode	5-6
5.3.9	Initialisatie.....	5-6
5.3.10	Frictie.....	5-6
5.3.11	Rekenpunten	5-6
5.3.12	Zout	5-7
5.4	Bespreking van de resultaten	5-7

6	Het Rijntakken model.....	6-1
6.1	Inleiding.....	6-1
6.2	Procedure.....	6-1
6.3	Aanpassingen en aannamen ten behoeve van de vergelijking	6-2
6.3.1	Kunstwerken	6-2
6.3.2	Dwarsprofielen.....	6-4
6.3.3	Subsecties.....	6-4
6.3.4	Randvoorwaarden	6-5
6.3.5	Simulatieperiode	6-5
6.3.6	Initialisatie.....	6-6
6.3.7	Frictie.....	6-6
6.3.8	Sturing van kunstwerken	6-6
6.4	Obstakels bij het conversieproces.....	6-6
6.4.1	Oppervlakte toegekend aan winterbed te groot.....	6-6
6.4.2	Stroomvoerende breedte neemt boven zomerdijk meer toe dan totale breedte.....	6-8
6.4.3	Stroomvoerende breedte > totale breedte	6-10
6.4.4	Veerstoep van Wageningen als overlaat in de hoofdgeul.....	6-11
6.4.5	De Pannerdense overlaat.....	6-11
6.4.6	Randvoorwaarden in de IJsselmond.....	6-12
6.5	Morfologie.....	6-12
6.5.1	Morfologie en Rijntakken model in SOBEK-Rivers.....	6-12
6.5.2	Morfologie in SOBEK-Rural	6-13
6.5.3	Morfologische berekeningen Rijntakkenmodel	6-16
6.6	Besprekingen van de resultaten	6-22
7	Het Maas model	7-1
7.1	Inleiding.....	7-1
7.2	Procedure.....	7-1
7.3	Bijzondere aanpassingen ten behoeve van de vergelijking.....	7-3
7.3.1	Aanpassingen in het SOBEK River model.....	7-3
7.3.2	Aanpassingen in het SOBEK Rural model.....	7-3
7.4	Besprekingen van de resultaten	7-3
7.4.1	Waterstanden	7-3
7.4.2	Debieten en sturing bij kunstwerken	7-6
8	Referenties	8-1

Bijlagen

A	Ingebrachte functionaliteiten en opgeloste bugs	A-1
B	Installatieprocedure en gebruik van zout en morfologie.....	B-1
C	Verschillen in taklengtes Rijntakken model tussen River en Rural.....	C-1
D	Verschillen in taklengtes Maasmodel tussen River en Rural.....	D-1

I Inleiding

In SOBEK River en SOBEK Rural, twee produktlijnen van een 1D-modelsysteem voor de simulatie van waterkwantiteit en waterkwaliteit in oppervlaktewatersystemen en rioolstelsels, wordt voor de berekening van de waterbeweging gebruik gemaakt van twee verschillende rekenschema's. Deze situatie is ondermeer vanuit beheerstechnisch oogpunt ongewenst. In verband hiermee is dit project, genaamd "bouw testomgeving rekenschema sobek lowland" opgestart (RIZA contract nummer RI-2831, WL contract nummer M3190).

Het project heeft tot doel om door middel van omzetting van een aantal in SOBEK-River draaiende modellen naar een schematisatie in SOBEK-Rural, een testomgeving te bouwen waarmee na verdergaand vergelijkend onderzoek een onderbouwde keuze te maken is voor het al dan niet handhaven van de twee nu bestaande rekenschema's in de SOBEK-familie.

Doordat de gekozen testomgeving bestaat uit een viertal afzonderlijke modellen, zullen alle vier de modellen in afzonderlijke hoofdstukken worden beschreven. Het betreft de volgende schematisaties:

- Het Lollebeek model;
- Het Noordelijk Delta Bekken model;
- Het Rijntakken model;
- Het Maas model.

Om een vergelijking goed mogelijk te maken zijn in sommige SOBEK River modellen aanpassingen doorgevoerd. Waar dit gebeurd is zal er in de tekst op in worden gegaan.

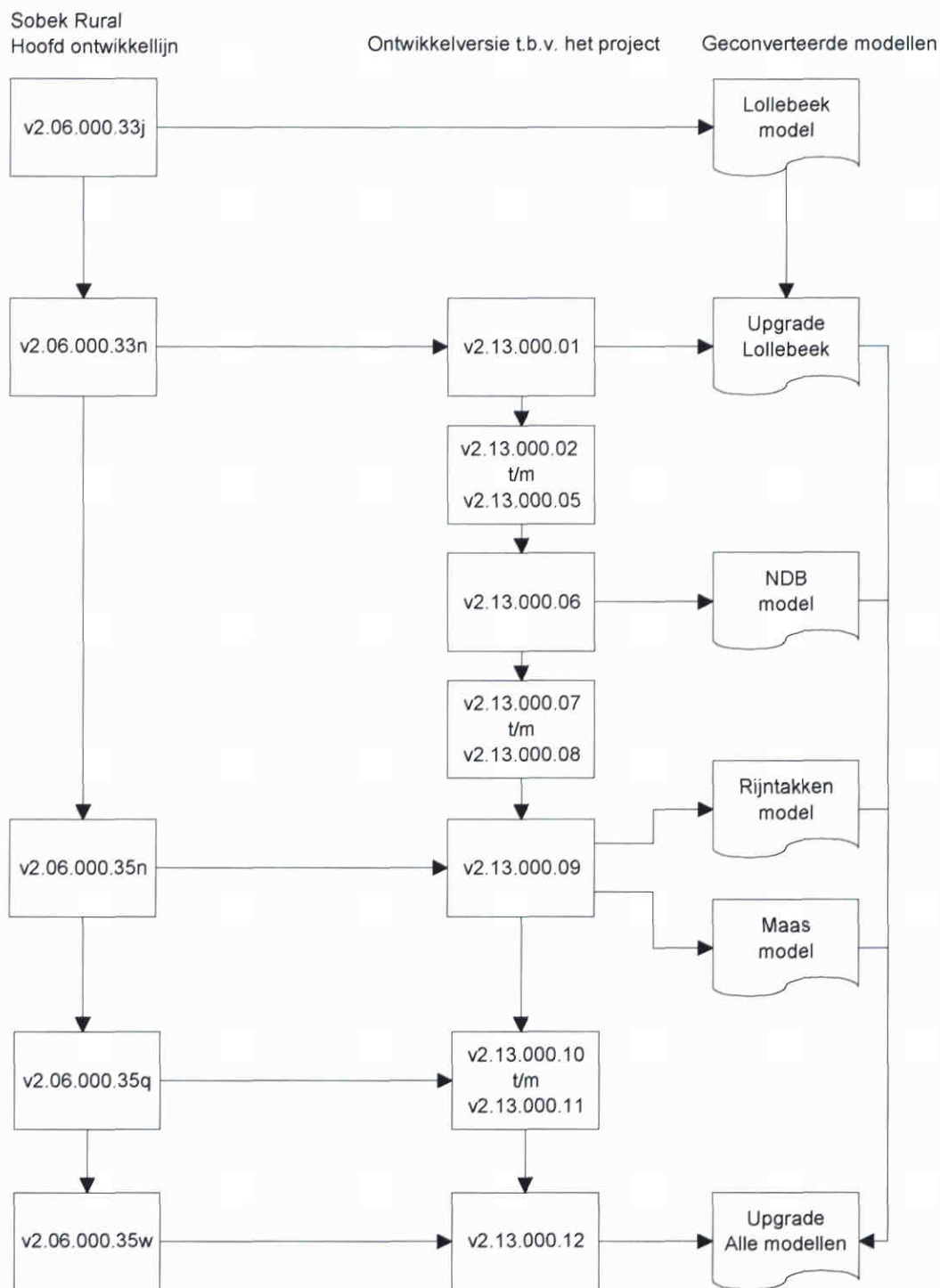
Omtrent de naamgevingen SOBEK Lowland en Rural is wat verwarring, daarom een korte uitleg: feitelijk is SOBEK Rural de nieuwe naam voor SOBEK Lowland. Gelijktijdig met de integratie van SOBEK met de DIWA en HYDRA functionaliteiten is de naamgeving aangepast. In de hoofdontwikkelijn spreekt men vanaf versie v2.06.000.35 van SOBEK Rural. Dit project is gestart met versie v2.06.000.33j (Lowland). Later hebben verschillende *upgrades* plaatsgevonden, waardoor de modellen terecht kwamen in SOBEK Rural. Om verwarring te voorkomen zal in dit rapport uitsluitend worden gesproken van SOBEK Rural.

Controle van de uitkomsten is ondergebracht in een ander contract, dat door het adviesbureau HKV is aangegaan. In de praktijk is echter gebleken dat deze scheiding niet zonder meer werkbaar was. Na de conversie van het Lollebeek model bleek uit de vergelijking van de resultaten dat verschillen in modelresultaten die door verschillende oorzaken konden zijn ontstaan uiteindelijk het gevolg waren van een fout in de conversie. Bij de omzetting van volgende schematisaties is dan ook binnen dit project veel meer dan voorzien aandacht geschonken aan de controle van de resultaten en de interpretatie van de verschillen tussen resultaten van beide modelschematisaties.

2 Versiebeheer en installatie

Tijdens de uitvoering van dit project zijn enkele ontwikkelingen uitgevoerd in de SOBEK Rural lijn die noodzakelijk waren voor de voortgang ervan. Dit heeft geresulteerd in verschillende versies waarmee de afzonderlijke modellen werden geconverteerd. Speciaal voor dit project werd de SOBEK Rural v2.13 lijn in het leven geroepen. Na afronding van het project zijn alle modellen *ge-upgrade* naar de laatste versie in deze lijn, versie v2.13.000.12.

In bijlage A wordt een lijst gegeven met de relevante functionaliteiten en problemen die in de verschillende versies zijn aangepakt.



Figuur 2.1 Versiebeheer binnen de SOBEK Rural lijn ten behoeve van het project

In Bijlage B wordt uiteengezet hoe de installatie van SOBEK v2.13.000.12 in zijn werk gaat, en hoe met de verschillende specials als zout en morfologie moet worden omgegaan.

3 Handreiking voor het gebruik van de modellen

Voor iedere schematisatie is een spreadsheet opgesteld waarmee de resultaten uit beide modellen na een paar eenvoudige handelingen kunnen worden vergeleken. De procedure om de resultaten in de spreadsheets te plakken zijn als volgt:

- Bekijk in het spreadsheet voor welke parameters en lokaties uitvoer moet worden gegenereerd.
- Ga naar het model en open de resultaten in ODS_VIEW.
- Exporteer de resultaten van de gewenste parameters en lokaties naar een komma separated file (.csv).
- Open de .csv file in Excel en kopieer de inhoud naar het corresponderende werkblad in het spreadsheet.
- De grafieken staan op een ander werkblad in het spreadsheet en passen zich nu automatisch aan de nieuwe gegevens.

Let er goed op dat de juiste parameters en lokaties worden geëxporteerd. Als dit niet het geval is komen de verkeerde gegevens op de verkeerde plaats, en is van een juiste vergelijking absoluut geen sprake meer.

In het bestand SOBEKSIM.INI kunnen verschillende parameters worden ingesteld. Het betreft hier onder andere het maximale Courant getal, en het gebruik van zout en morfologie. Het maximale Courant getal is op 8 gezet omdat het Nederlandse rivierensysteem een traag reagerend systeem is, en het zeer onwaarschijnlijk is dat een rekencel binnen enkele tijdstappen droog zal vallen.

4 Het Lollebeek-model

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de conversie van het Lollebeek model van SOBEK River naar SOBEK Rural. Opgemerkt dient te worden dat deze conversie reeds plaatsvond vóórdat de 'import MDB2' functionaliteit beschikbaar kwam in SOBEK Rural. De conversie heeft daarom plaatsgevonden middels een programma, geschreven door ir. Klaas-Jan van Heeringen.

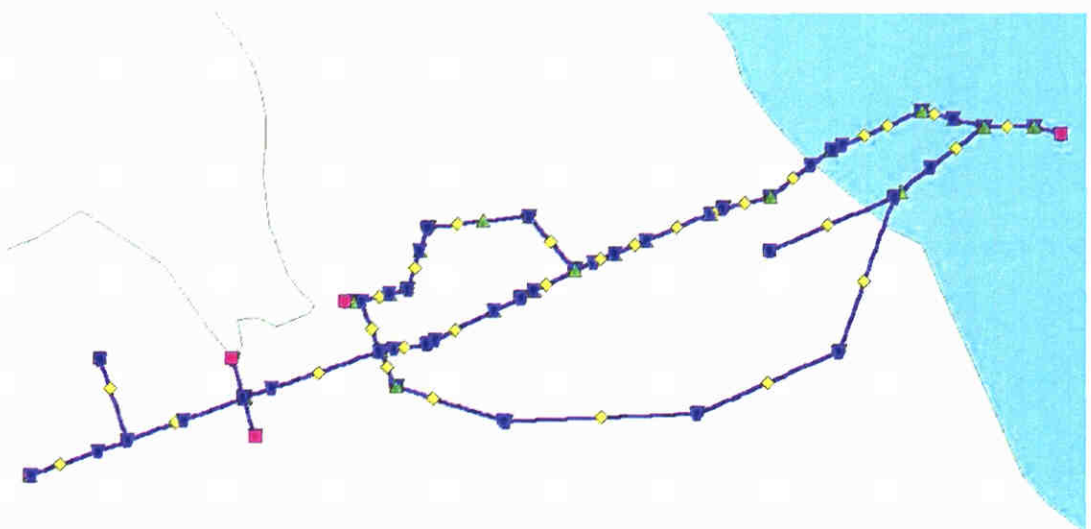
Om het Lollebeek model werkend te krijgen in de SOBEK River omgeving dienden in het verleden extra, niet bestaande kunstwerken te worden toegevoegd aan de schematisatie. Droogval en schietend water waren hiervoor verantwoordelijk. Van SOBEK Rural wordt geclaimd dat dergelijke kunstgrepen niet nodig zijn omdat het over het zgn. *upstream weighted staggered* rekenschema beschikt.

4.2 Procedure

Middels de genoemde software is de topologie van het SOBEK River bestand geconverteerd naar GIS bestanden (BNA files). Deze bestanden konden in SOBEK Rural worden ingelezen als onderdelen van een netwerk.

Na de conversie van de topologie werd de data geconverteerd naar het bestandsformaat van SOBEK Rural. Het betrof de frictiewaarden en gegevens van dwarsprofielen. De gegevens voor kunstwerken werden handmatig overgezet. Ook de randvoorwaarden werden handmatig geconverteerd. Middels een kopieeractie werden de gegevens vervolgens gekoppeld aan het modelnetwerk.

De onderstaande figuur geeft een impressie van het model na de conversie.



Figuur 4.1 Impressie van de topologische schematisatie van het Lollebeekmodel

4.3 Aanpassingen en aannamen ten behoeve van de vergelijking

4.3.1 Laterale debieten

Omdat SOBEK Rural ten tijde van de conversie nog geen laterale debieten ondersteunde die diffuus verspreid over een tak liggen, zijn alle laterale debieten in het Rural model als puntlozingen midden op iedere tak toegekend (= lateraal debiet per strekkende meter, vermenigvuldigd met de taklengte). Op deze afhandeling is één uitzondering toegepast: op de tak lolleb6 ligt een flink aantal kunstwerken. Het toekennen van het lateraal debiet als een enkele lozing zou daardoor bij een bovenstreams van de puntlozing liggend kunstwerk tot een onderschatting van het debiet leiden en bij een benedenstreams liggend kunstwerk tot een overschatting van het debiet. Om die reden is het laterale debiet op de tak lolleb6 verspreid over vier puntlozingen in het Rural model, bij benadering naar ratio van de afstand tussen het bovenstreams en benedenstreams gelegen kunstwerk c.q. knooppunt.

4.3.2 Kunstwerken

De eigenschappen van de kunstwerken uit het SOBEK River model zijn bij de conversie zoveel mogelijk intact gelaten. Het betreffen allen stuwen (weirs) waarvan de stuwbreedte en kruinhoogte bij de conversie intact gebleven is.

Voor een correcte conversie van de kunstwerken dienden de parameters zodanig gekozen te worden dat de afvoercharacteristieken van de kunstwerken in beide modellen zo goed mogelijk overeen komen. Voor de *free weir flow* condities moet dan gelden:

$$Q = C_e \cdot C_w \cdot W_s \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot (h_1 - z_s)^2} \approx C_{wf} \cdot W_s \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot (H_1 - z_s)^2} \quad (4.1)$$

Door het product van C_e en C_w (Sobek Rural) gelijk te stellen aan C_{wf} (SOBEK River) wordt een goede benadering verkregen. Er treedt dan alleen nog een kleine afwijking op doordat in SOBEK Rural de snelheidshoogte wordt verwaarloosd.

Voor een correcte vergelijking van de afvoeren onder *drowned weir flow* conditie uit SOBEK River met SOBEK Rural moet gelden:

$$Q = C_e \cdot C_w \cdot W_s \cdot (h_1 - z_s) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h_2)} \approx C_{wd} \cdot W_s \cdot d_s \cdot \left[-\sqrt{2 \cdot g \cdot dh_{stru}} + \sqrt{2g(dh_{stru} + H_1 - (d_s + z_s))} \right]$$

(4.2)

Door het product van C_e en C_w gelijk te stellen aan C_{wd} wordt ook hier een goede benadering verkregen.

4.3.3 Frictie

Om een goede vergelijking van beide modellen mogelijk te maken is zowel aan het River model als aan het Rural model een uniforme Manning factor van 0.029 toegekend.

4.3.4 Profielen

De dwarsprofielen zijn in beide modellen identiek.

4.3.5 Randknopen

De randvoorwaarden in het model bestaan uit debieten, variërend in de tijd, bovenstrooms en een waterstand, variërend in de tijd, op de twee benedenranden.

4.3.6 Simulatieperiode

Start: 20 december 1992 0:00 uur

Stop: 31 maart 1993 0:00 uur

Rekentijdstap: 15 minuten

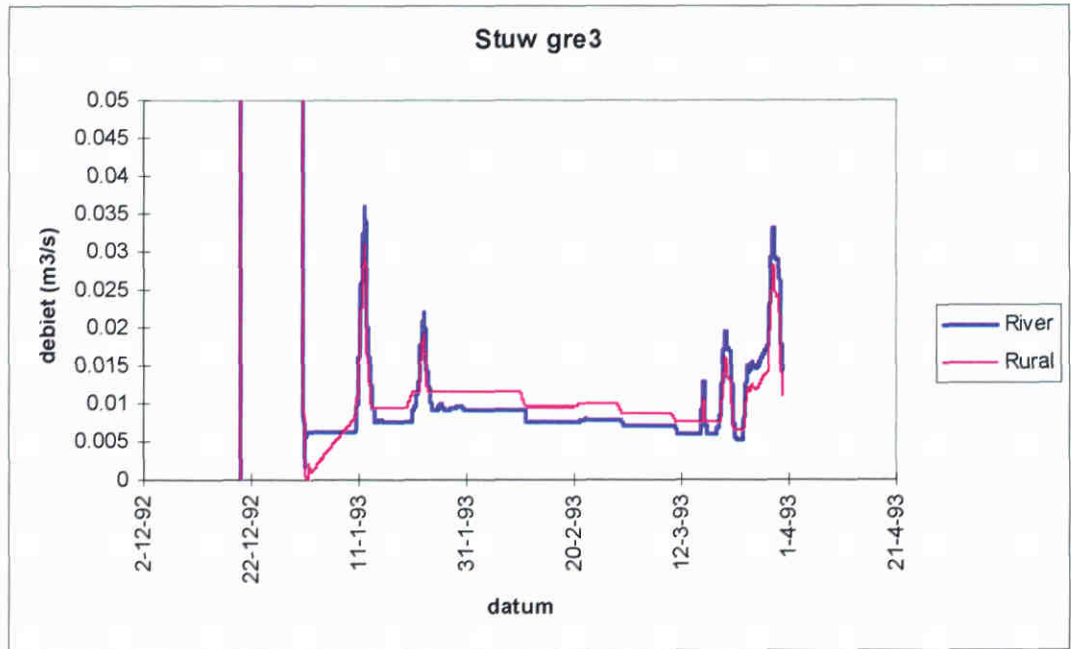
Uitvoer: ieder uur

4.4 Bespreking van de resultaten

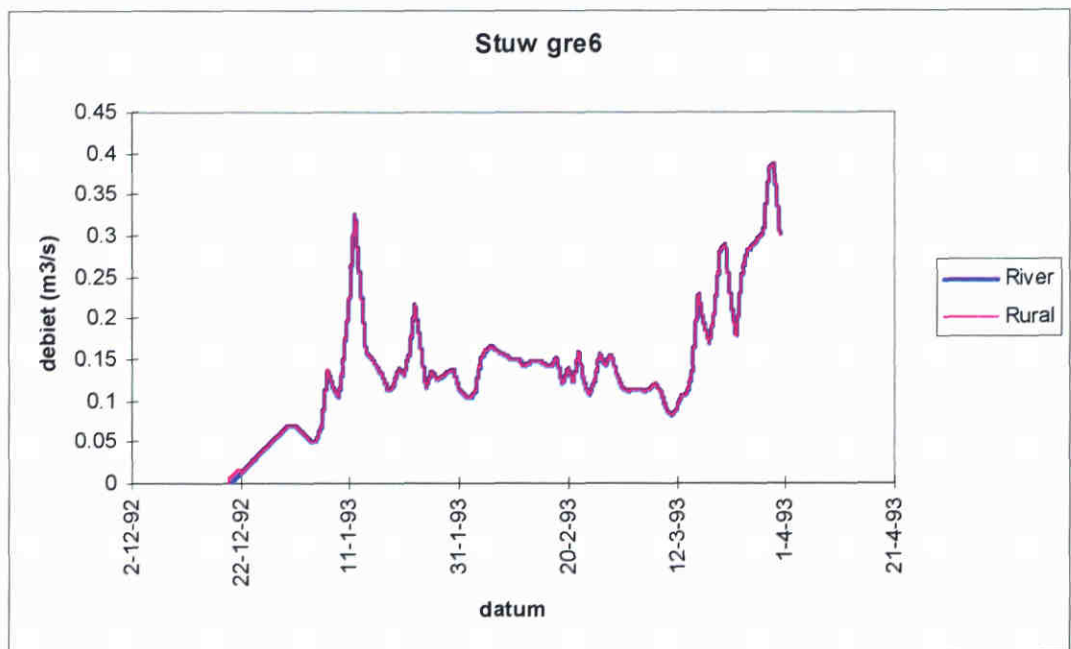
Over het gehele model verspreid liggen stuwen. De aanwezigheid van de stuwen maken een vergelijking van de modelresultaten gemakkelijk aangezien zowel SOBEK River als SOBEK Rural standaard uitvoerfiles genereren met daarin de debieten over kunstwerken.

Op basis hiervan is een spreadsheet gegenereerd waarin de resulterende debieten over de kunstwerken in beide modellen kunnen worden geplakt. In het spreadsheet worden dan grafieken gegenereerd die per kunstwerk de SOBEK River debieten en de SOBEK Rural debieten naast elkaar zetten. Zie voor een uitgebreider beschrijving van deze methode hoofdstuk 3 Handreiking voor het gebruik van de modellen.

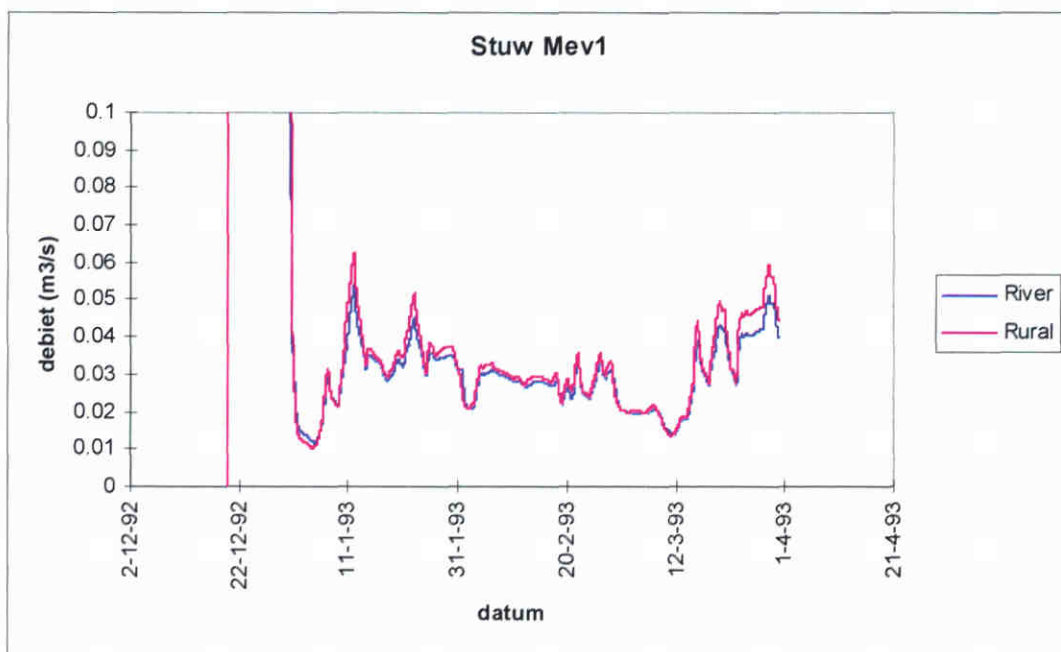
Onderstaand worden de resultaten van enkele stuwtsjes in SOBEK River en Rural gepresenteerd.



Figuur 4.2 Vergelijking van de resultaten over de stuw gre3



Figuur 4.3 Vergelijking van de resultaten over stuw gre6



Figuur 4.4 Vergelijking van de resultaten over stuw Mev1

5 Het Noordelijk Delta Bekken model

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de conversie van het Noordelijk Delta Bekken model van SOBEK River naar SOBEK Rural in zijn werk is gegaan.

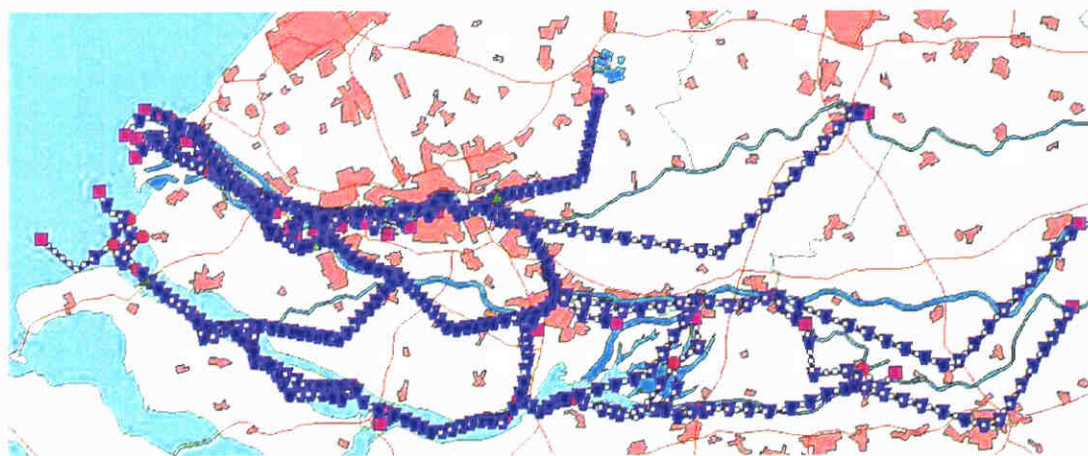
Om instabiliteiten door zoutindringing te voorkomen diende in de originele SOBEK River schematisatie voor doodlopende takken de dispersie te worden opgekrikt en de ruimtelijke rekenstap te worden verkleind tot 100m.

In SOBEK Rural is een functionaliteit ingebouwd waarmee eenvoudige berekeningen aan zoutintrusie kunnen worden uitgevoerd. Daar er tussen beide modellen zekere definitieverschillen voorkomen is een aantal aannamen gedaan die in de volgende paragrafen zullen worden besproken.

5.2 Procedure

Voor de conversie is gebruik gemaakt van de nieuwe functionaliteit in SOBEK Rural: “import MDB2”. Hiermee wordt de volledige topologie van een SOBEK River model geconverteerd naar het SOBEK Rural bestandsformaat. Ook de modelgegevens worden geconverteerd, met als uitzondering de karakteristieken en het type van kunstwerken. Om vergissingen te voorkomen worden kunstwerken automatisch geconverteerd naar pompstations met een capaciteit van $0 \text{ m}^3/\text{s}$. Ze zijn na de conversie handmatig omgezet naar het juiste type met bijbehorende karakteristieken.

De onderstaande figuur geeft een impressie van het model na de conversie.



Figuur 5.1 Impressie van de topologie van het Noordelijk Delta Bekken model na conversie

5.3 Aanpassingen en aannamen ten behoeve van de vergelijking

Zowel in het SOBEK River-NDB model als in het SOBEK Rural-NDB model zijn enkele aanpassingen doorgevoerd om een vergelijking tussen beide modellen te vergemakkelijken:

5.3.1 Taklengtes

Bij de conversie van SOBEK River naar SOBEK Rural bleek op een achttal takken in het River model de opgegeven lengte (modellengte) kleiner te zijn dan de hemelsbrede afstand (kaartlengte) tussen de verbonden knopen. Dit probleem is ondervangen door in het SOBEK River model de opgegeven modellengte gelijk te maken aan de kaartlengte.

Het betrof hier de onderstaande takken:

- MAMO002;
- NIMA014;
- OUMA037;
- HAVL047;
- HAVL046;
- HODI055;
- NOOR098;
- BEKA095.

5.3.2 Haringvlietsluizen

In SOBEK River vormen de Haringvlietsluizen een zgn. Compound Structure. Aangezien SOBEK Rural deze functionaliteit (nog) niet bevat is ervoor gekozen om zowel in het SOBEK River model als in het SOBEK Rural model de Haringvlietsluizen te schematiseren door één brede onderlaat die alleen stroming in de positieve richting doorlaat (terugslagklep).

De compound structure in SOBEK River omvatte:

- 2 onderlaten van 57.5m breed;
- 15 onderlaten van 58.5m breed;
- Contractie coëfficiënt voor alle structures: 1.0;
- Verliescoëfficiënt voor alle structures: 0.8 (onder alle condities);
- Bodemhoogte: -5.5.

De Haringvlietsluizen kregen ten behoeve van de vergelijking de onderstaande karakteristieken:

Sobek River:

Type:	Weir	
breedte:	$W_s = 992.5\text{m}$	
Crest level:	$z_s = -5.5\text{m NAP}$	
Coëfficiënt free weir:	$C_{wf} = 0.82,$	C_{wf} reverse direction = 0
Coëfficiënt drowned weir:	$C_{wd} = 0.82,$	C_{wd} reverse direction = 0
Contraction coëfficiënt:	$\mu_{gf} = 1$	μ_{gf} reverse direction = 1
Sturing:	geen	

Sobek Rural:

Type:	Orifice
Breedte	$W_s = 992.5\text{m}$
Crest:	$z_s = -5.5\text{m NAP}$
Afvoercoëfficiënt	$c_e = 1$
Laterale contractie coëfficiënt	$c_w = 0.8$
Stromingsrichting:	only positive flow
Sturing:	geen

5.3.3 Stormvloedkering Nieuwe Waterweg

In SOBEK River vormt de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg een zgn. Compound Structure. Om een eenduidige vergelijking uit te kunnen voeren is uit de kering in het River model de sturing verwijderd en wordt er van uitgegaan dat de kering continu open staat.

De kering heeft in beide modellen respectievelijk de volgende karakteristieken gekregen:

Sobek River:

Type:	Weir
Breedte:	$W_s = 360\text{m}$
Crest levels:	$z_s = -17\text{m NAP}$
Coëfficiënt free weir:	$C_{wf} = 1$
Coëfficiënt drowned weir:	$C_{wd} = 1$
Contraction coëfficiënt:	$\mu_{gf} = 1$
Sturing:	geen

Sobek Rural:

Type:	Weir
Breedte	$W_s = 360\text{m}$
Crest:	$z_s = -17\text{m NAP}$
Afvoercoëfficiënt	$c_e = 1$
Laterale contractie coëfficiënt	$c_w = 1$
Stromingsrichting:	both directions
Sturing:	geen

Voor een correcte conversie van de kunstwerken dienden de parameters zodanig gekozen te worden dat de afvoercharacteristieken van de kunstwerken in beide modellen zo goed mogelijk overeen komen. Voor de *free weir flow* condities moet dan gelden:

$$Q = C_e \cdot C_w \cdot W_s \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot (h_1 - z_s)^{\frac{3}{2}} = C_{wf} \cdot W_s \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot (H_1 - z_s)^{\frac{3}{2}} \quad (5.1)$$

Door het product van C_e en C_w (Sobek Rural) gelijk te stellen aan C_{wf} (SOBEK River) wordt een goede benadering verkregen. Er treedt dan alleen nog een kleine afwijking op doordat in SOBEK Rural de snelheidshoogte wordt verwaarloosd.

Voor een correcte vergelijking van de afvoeren onder *drowned weir flow* conditie uit SOBEK River met SOBEK Rural moet gelden:

$$Q = C_e \cdot C_w \cdot W_s \cdot (h_1 - z_s) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h_s)} = C_{wd} \cdot W_s \cdot d_s \cdot \left[-\sqrt{2 \cdot g \cdot dh_{em}} + \sqrt{2g(dh_{em} + H_1 - (d_s + z_s))} \right] \quad (5.2)$$

Door het product van C_e en C_w gelijk te stellen aan C_{wd} wordt ook hier een goede benadering verkregen.

5.3.4 Kering Hollandse IJssel

Ook dit kunstwerk wordt in SOBEK River als een *compound structure* geschematiseerd. Voor de vergelijking is zij beschouwd als een niet weerstandbiedend kunstwerk:

Sobek River:

Type:	General Structure
Breedte:	$W_s = 150\text{m}$
Crest levels:	$z_s = -6.5\text{m NAP}$
Coëfficiënt free weir:	$C_{wf} = 1$
Coëfficiënt drowned weir:	$C_{wd} = 1$
Contraction coëfficiënt:	$\mu_{gf} = 1$
Sturing:	geen

Sobek Rural:

Type:	Weir
Breedte:	$W_s = 150\text{m}$
Crest:	$z_s = -6.5\text{m NAP}$
Afvoercoëfficiënt	$c_e = 1$
Laterale contractie coëfficiënt	$c_w = 1$
Stromingsrichting:	both directions
Sturing:	geen

5.3.5 Hartelkering

Evenals de Stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg wordt de Hartelkering ten behoeve van de vergelijking verondersteld continu open te staan:

Sobek River:

Type:	Weir
Alle breedtes:	$W_s = 150\text{m}$
Crest levels:	$z_s = -6.5\text{m NAP}$
Coëfficiënt free weir:	$C_{wf} = 1$
Coëfficiënt drowned weir:	$C_{wd} = 1$
Coëfficiënt free gate:	$C_{gf} = 1$
Coëfficiënt drowned gate:	$C_{gd} = 1$
Contraction coëfficiënt:	$\mu_{gf} = 1$
Sturing:	geen

Sobek Rural:

Type:	Weir
Breedte	$W_s = 150\text{m}$
Crest:	$z_s = -6.5\text{m NAP}$
Afvoercoëfficiënt	$c_e = 1$
Laterale contractie coëfficiënt	$c_w = 1$
Stromingsrichting:	both directions
Sturing:	geen

5.3.6 Subsecties

In SOBEK River kunnen verschillende *zgn. flow sections* worden toegekend, waarbij voor iedere sectie een individuele frictiewaarde kan worden toegekend. Dit is ook het geval in het Noordelijk Delta Bekken model. Om de modelresultaten goed te kunnen vergelijken is in beide modellen een uniforme frictiewaarde van $Ch\grave{e}zy = 50$ toegekend.

De SOBEK River opdeling van de profielen in subsecties is hierbij echter intact gelaten, hoewel opdeling in subsecties in tabelvormige profielen binnen Rural niet ondersteund worden. Dit zal enkele verschillen opleveren, voor de *over all* weerstand binnen het profiel, hetgeen wordt veroorzaakt doordat het gesommeerde effect van voor individuele subsecties berekende hydraulische stralen ongelijk is aan het effect van één hydraulische straal van een compleet profiel:

$$R_{Lowland} = \frac{A_{lowland}}{P_{lowland}} \quad (5.3)$$

$$R_{River} = \sum_{n=1}^n \frac{A_n}{P_n} \quad (5.4)$$

waaruit volgt:

$$R_{River} \geq R_{Lowland} \quad (5.5)$$

waarbij:

R = natte straal	[m]
A = nat oppervlak	[m ²]
P = natte omtrek	[m]
n = sectienummer	[-]

De stroming door eenzelfde profiel zal dus in SOBEK River een lagere weerstand ondervinden doordat het profiel in dat model in secties is opgedeeld. In SOBEK Rural zullen dus enigszins hogere waterstanden worden aangetroffen en daarmee enkele verschillen in de afvoerverdeling over de Haringvlietsluizen en de Nieuwe Waterweg tussen SOBEK River en SOBEK Rural.

5.3.7 Randknopen

De randvoorwaarden bestaan uit tijdsafhankelijke debieten of waterstanden. Een exacte kopie van de randvoorwaarden uit het River model is opgelegd aan het Rural model.

5.3.8 Simulatieperiode

Starting time: 1975/12/25;00:00:00

End time: 1976/01/12;00:00:00

Computation time step: 00:00:30

Output every: 60 time steps.

5.3.9 Initialisatie

Aangezien verwacht wordt dat verschillen in initiële waterstanden tussen beide modellen snel zullen uitdempen en SOBEK River een groot risico loopt om vast te lopen bij een lage initiële waterstand zijn de initiële waterstanden uit het door RIZA aangeleverde SOBEK River model intact gelaten, terwijl aan het SOBEK Rural model een initiële waterstand van 0m NAP is toegekend.

5.3.10 Frictie

Om beide modellen goed met elkaar te kunnen vergelijken is een uniforme Chèzy waarde van 50 aan beide modellen toegekend.

5.3.11 Rekenpunten

De rekenpunten liggen in beide modellen op een onderlinge afstand van 1000m.

5.3.12 Zout

In een eerste vergelijking is het zout uitgeschakeld. Later is een tweede modelrun uitgevoerd waarbij zout werd toegekend. De bedoeling hiervan was om aan te tonen dat zoutindringing onder invloed van getijdenbewegingen in SOBEK Rural modellen mogelijk is.

In het Rural model is een eenvoudig “upwind” advection-schema ingevoerd. De dispersiecoëfficiënt wordt opgebouwd uit een deel berekende numerieke diffusie uit het advection-schema en aangevuld tot een constante dispersiecoëfficiënt van $D=200 \text{ m}^2/\text{s}$. In het River model is de bestaande methode van zoutdispersie, zoals geïmplementeerd in het RWS model, gehandhaafd.

Zoutberekening kan worden ingeschakeld door in het bestand SOBEKSIM.INI de parameter *Salinity* aan te passen: -1 = zoutberekening vindt plaats, 0 = zoutberekening vindt niet plaats. Als zout is ingeschakeld wordt verondersteld dat op de waterstandsranden een constant zoutgehalte van 30 kg/m^3 heerst.

5.4 Bespreking van de resultaten

Debieten

Op de volgende lokaties worden de debieten uit beide modellen naast elkaar gelegd:

- Haringvlietsluizen;
- Hartelkering;
- Stormkering Hollandse IJssel;
- Stormvloedkering Nieuwe Waterweg.

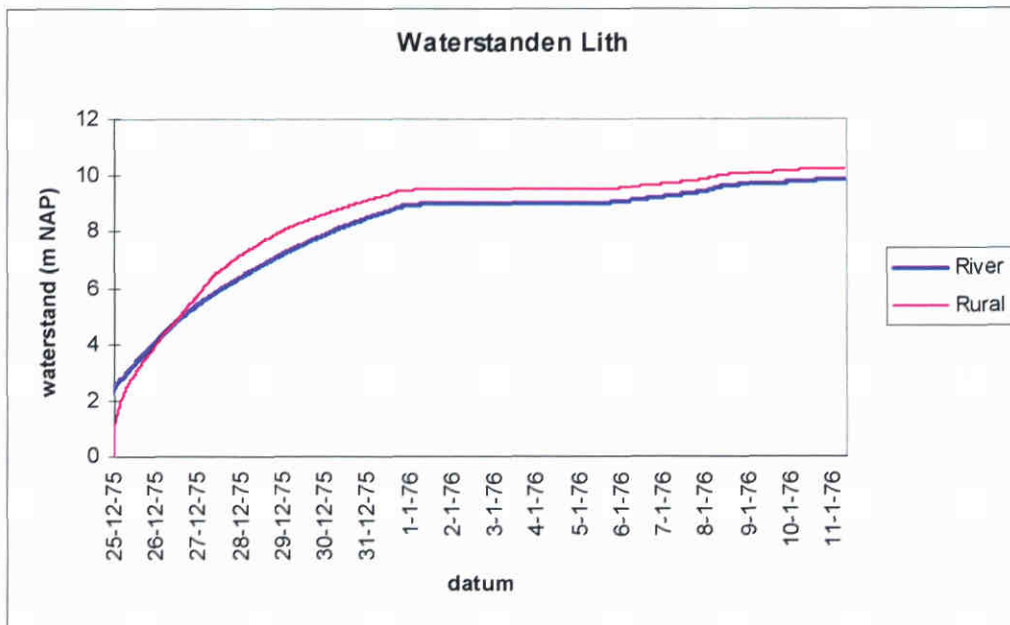
In SOBEK River wordt bij kunstwerken niet automatisch de boven- en benedenstroomse waterstand meegeleverd in de resultaten. Om die reden zijn voor ieder kunstwerk de lokaties voor bovenstroomse en benedenstroomse waterstand gedefinieerd. Voor het monitoren van de waterstanden nabij de randknopen zijn tevens uitvoerlokaties gedefinieerd. In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de uitvoerlokaties in het SOBEK River model.

Tabel 5.1 Overzicht van de lokaties in het SOBEK River model waarvoor uitvoer wordt gegenereerd

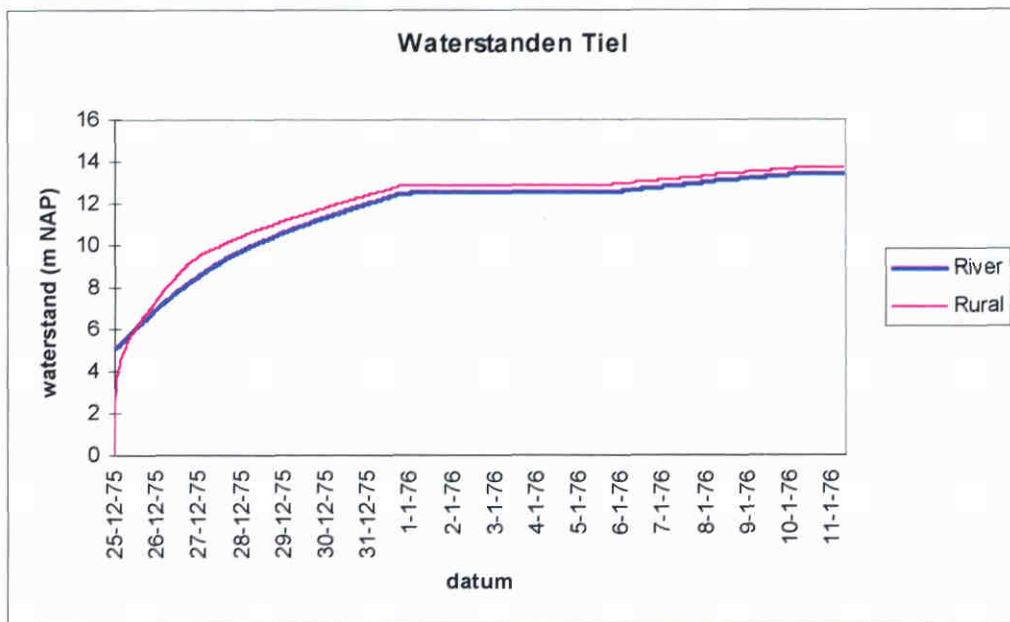
<i>Uitvoerlokatie:</i>	<i>Op tak-ID</i>	<i>Afst uitvoerlokatie t.o.v. begin tak.</i>	<i>Lokatie object op tak</i>
Haringvlietsluizen bovenstrooms	HAVL042	6411	6411
Haringvlietsluizen benedenstrooms	HAVL042	6442	6411
Nieuwe Waterweg bovenstrooms	NIWA_SVKW	12289	12289
Nieuwe Waterweg benedenstrooms	NIWA_SVKW	12290	12289
Hartelkering bovenstrooms	HAKA_SVKH	1845	6411
Hartelkering benedenstrooms	HAKA_SVKH	1905	6411
Hollandsche IJssel bovenstrooms	HOIJ029	18000	18000
Hollandsche IJssel benedenstrooms	HOIJ029	18001	18000
Maasmond:	MAMO001	1405	1405
Haringvliet-zuidtak	ZEHV104	9551	9551
Haringvliet-noordtak	ZEHV103	4638	4638
Lith	MAAS069	0	0
Tiel	WAAL041	0	0
Hagestein	LEK_032	0	0

De resultaten van de simulatie kunnen in het meegeleverde spreadsheet worden geplakt. In het spreadsheet worden dan grafieken gegenereerd die per lokatie de SOBEK River resultaten en de SOBEK Rural resultaten naast elkaar zetten. Zie voor een uitgebreider beschrijving van deze methode hoofdstuk 3: Handreiking voor het gebruik van de modellen

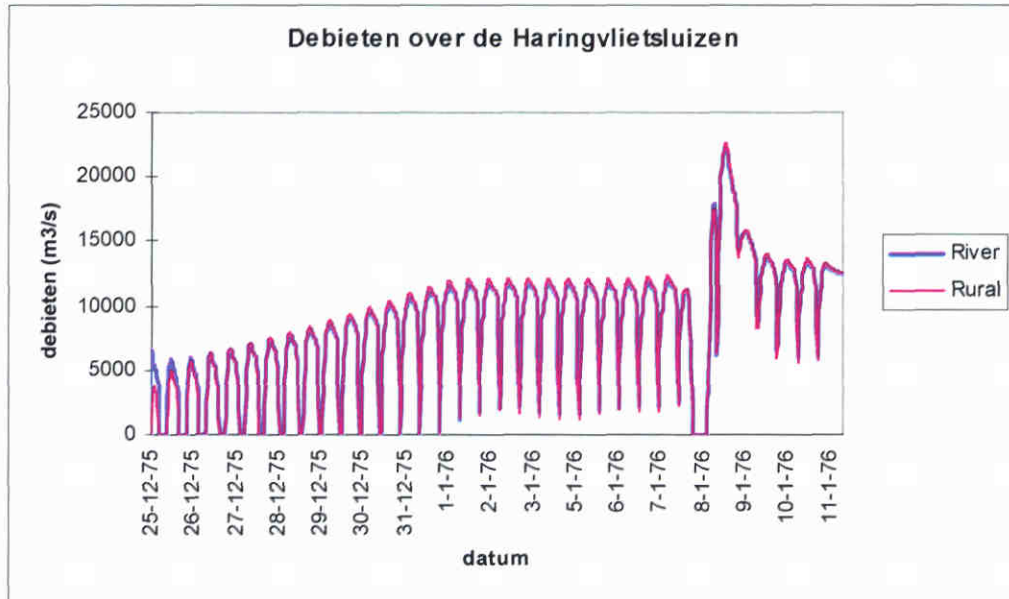
Door het effect dat reeds werd besproken in paragraaf 5.3.10 worden bovenstrooms in het Rural model enigszins hogere waterstanden aangetroffen dan in het River model. De kunstwerken gedragen zich in beide modellen vergelijkbaar. De onderstaande figuren geven een impressie van de resultaten.



Figuur 5.2 Vergelijking van de waterstanden bij Lith



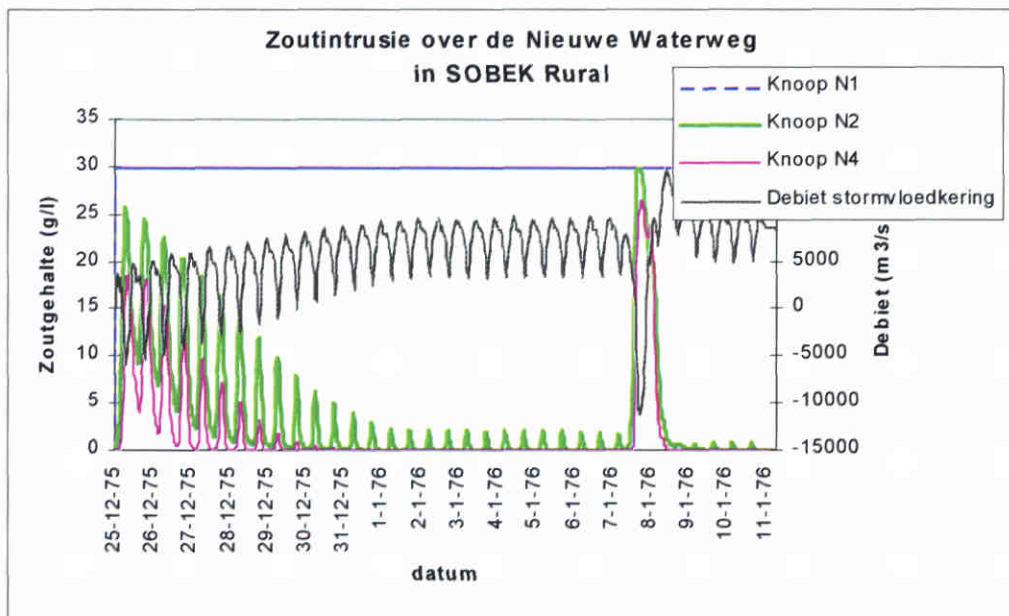
Figuur 5.3 Vergelijking van de waterstanden bij Tiel



Figuur 5.4 Vergelijking van de debieten over de Haringvlietsluizen

Bij de zoutberekeningen is uitgegaan van 30 g zout per liter op de Noordzeeranden, en 0 g/l aan de bovenranden. Initieel is gerekend met een zoutvrij model. Aangezien over de Haringvlietsluizen geen water wordt ingelaten, kan zoutinvasie alleen verwacht worden in de Nieuwe Waterweg. Negatieve debieten over de Maeslandkering (waarbij water van de Noordzee de Nieuwe Waterweg instroomt) komen gedurende twee periodes van de simulatie voor: gedurende de eerste vijf dagen, en tijdens een korte periode van hoge buitenwaterstanden op driekwart van de simulatieperiode.

Zoutinvasie zal daarom uitsluitend in deze twee periodes kunnen optreden. Het verloop van het zoutgehalte op enkele plaatsen in de Nieuwe Waterweg bevestigt deze verwachting.



Figuur 5.5 Zoutindringing in de Nieuwe Waterweg onder invloed van de getijdenbeweging

6 Het Rijntakken model

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de conversie van het Rijntakken model van SOBEK River naar SOBEK Rural in zijn werk is gegaan.

Het Rijntakken model bevat een grote hoeveelheid sterk variërende dwarsprofielen, subsecties en zomerkaden. Belangrijkste doelstelling voor dit model was om het model in SOBEK Rural goed te kunnen draaien, hetgeen in SOBEK River veel moeite heeft gekost. In SOBEK Rural dienden hiertoe tevens morfologie berekeningen worden uitgevoerd. Een eenvoudige morfologie functionaliteit is daarom toegevoegd.

Daar er tussen beide modellen zekere definitieverschillen voorkomen is een aantal aannamen gedaan die in de volgende paragrafen zullen worden besproken.

6.2 Procedure

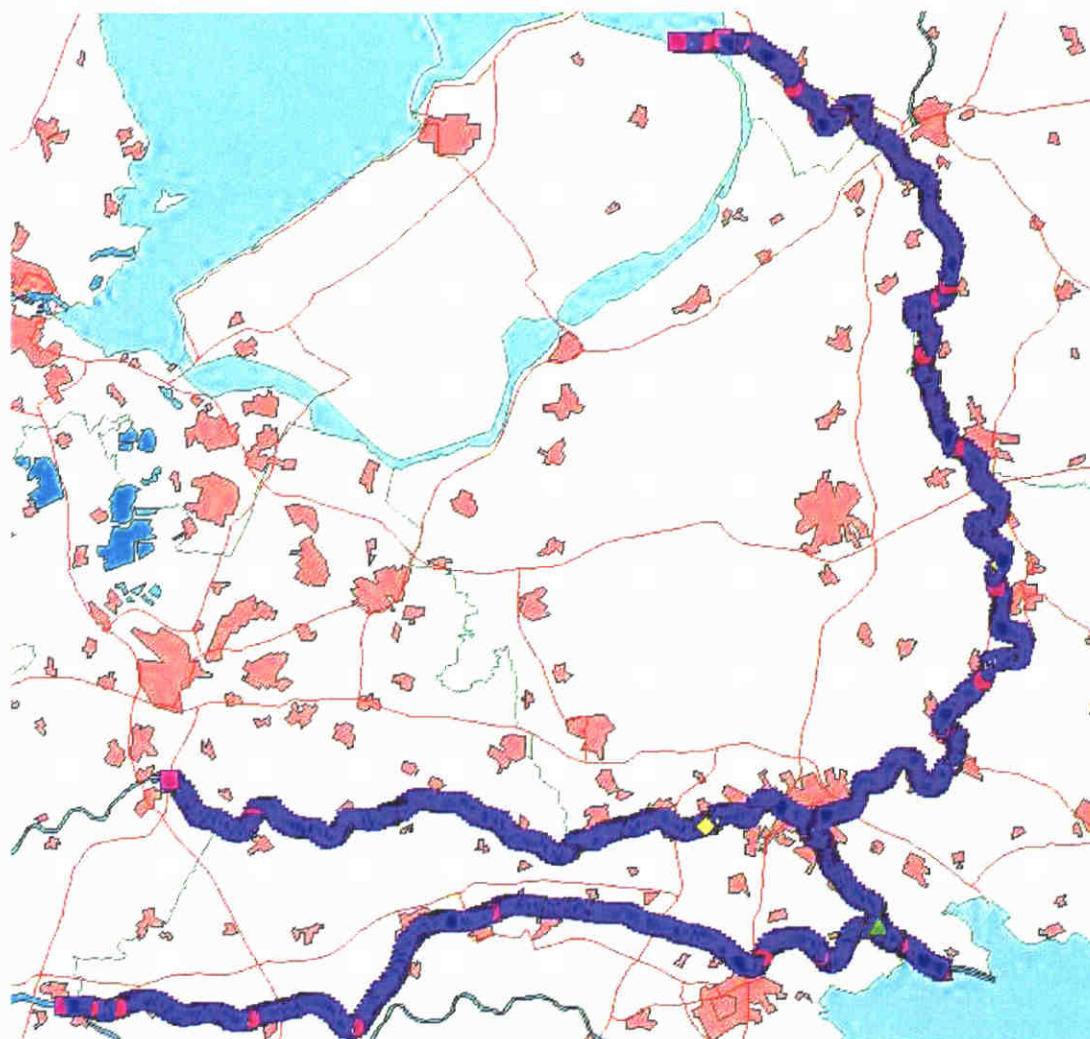
Voor de conversie is gebruik gemaakt van de nieuwe functionaliteit in SOBEK Rural: import MDB2.

Tijdens het conversieproces werd de topologie van het model handmatig uitgebreid met de meanders van de rivieren. Hiervoor werd de rivieras uit het GIS pakket Baseline als basis gebruikt. Een direct gevolg van het volgen van de meanders is dat de modellengte die daaruit volgt zal afwijken van de opgegeven modellengte in het originele SOBEK River model. In bijlage C zijn de verschillen in taklengtes tussen SOBEK Rural en SOBEK River weergegeven. Alle verschillen zijn kleiner dan 5%.

Na de conversie van de topologie en het handmatig laten leggen van de meanders worden door het conversieprogramma de verschillende objecten op de takken gelegd. Indien de rekenlengte van een tak in SOBEK Rural afwijkt van de rekenlengte van een tak in SOBEK River, wordt de lokatie het betreffende object op de tak geschaald naar het verschil in taklengte.

Ook de modelgegevens worden geconverteerd, met als uitzondering de karakteristieken en het type van kunstwerken. Om vergissingen te voorkomen worden kunstwerken automatisch geconverteerd naar pompstations met een capaciteit van $0 \text{ m}^3/\text{s}$. Ze zijn na de conversie handmatig omgezet naar het juiste type en karakteristieken.

De onderstaande figuur geeft een impressie van het model na de conversie.



Figuur 6.1 Impressie van de topologie van het Rijntakkenmodel na de conversie

6.3 Aanpassingen en aannamen ten behoeve van de vergelijking

Zowel in het SOBEK River-NDB model als in het SOBEK Rural-NDB model zijn enkele aanpassingen doorgevoerd om een vergelijking tussen beide modellen te vergemakkelijken:

6.3.1 Kunstwerken

Om een eenvoudige vergelijking van beide modellen mogelijk te maken zijn in beginsel alle kunstwerken vereenvoudigd tot overlaten met een brede kruin.

Pannerdense overlaat: Breedte: 200m

Kruinhoogte: 2.53m NAP (bodemhoogte ter plaatse: 2.43 m NAP)

Coëfficiënten: 1

Sturing: geen

Deze fictieve stuw diende in River uitsluitend voor de insnoering v/h zomerbed. In Rural kon deze worden weggelaten omdat de stuw die in het winterbed ligt op de parallelle tak kon worden geplaatst.

Pann overlaat winter: Breedte: 50m

Kruinhoogte: 14m NAP

Coëfficiënten: 1

Sturing: geen

Driel zomer: Breedte 96m (was van origine een general structure)

Kruinhoogte: 2.7 m NAP

Coëfficiënten: 1 1

Sturing: kruin gestuurd op debieten bij Lobith.

Driel winter: Breedte 720m

Kruinhoogte: 10.29 m NAP

Coëfficiënten: 1

Sturing: geen

Amerongen zomer: Breedte: 96m (was van origine een general structure)

Kruinhoogte: -1 m NAP

Coëfficiënten: 1

Sturing: kruin gestuurd op debiet bij Driel

Amerongen winter: Breedte: 1620m

Kruinhoogte: 5.99m NAP

Coëfficiënten: 1

Sturing: geen

Wageningen: Breedte: 120m

Kruinhoogte: 0.49 (bodemniveau ligt op 0.18 m NAP)

Coëfficiënten: 1

Sturing: geen

Deze stuw diende in River uitsluitend voor de insnoering v/h zomerbed ter plaatse van de veerstoep. In SOBEK Rural kon dit kunstwerk eenvoudigweg worden vervangen door een knip in het winterbed te leggen ter plaatse van de veerstoep.

Stuw Hagestein zomer: Breedte: 96m

Kruinhoogte: -3.5 m NAP

Coëfficiënten: 1

Sturing: kruin gestuurd op debiet bij Driel

Stuw Hagestein winter: Breedte:	918m
Kruinhoogte:	4.55 m NAP
Coëfficiënten:	1
Sturing:	geen

Voor een correcte conversie van de kunstwerken dienden de parameters zodanig gekozen te worden dat de afvoercharacteristieken van de kunstwerken in beide modellen zo goed mogelijk overeen komen. Voor de *free weir flow* condities moet dan gelden:

$$Q = C_e \cdot C_w \cdot W_s \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot (h_1 - z_s)^{\frac{3}{2}} = C_{wf} \cdot W_s \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot (H_1 - z_s)^{\frac{3}{2}} \quad (6.1)$$

Door het product van C_e en C_w (Sobek Rural) gelijk te stellen aan C_{wf} (SOBEK River) wordt een goede benadering verkregen. Er treedt dan alleen nog een kleine afwijking op doordat in SOBEK Rural de snelheidshoogte wordt verwaarloosd.

Voor een correcte vergelijking van de afvoeren onder *drowned weir flow* conditie uit SOBEK River met SOBEK Rural moet gelden:

$$Q = C_e \cdot C_w \cdot W_s \cdot (h_1 - z_s) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h_2)} = C_{wd} \cdot W_s \cdot d \cdot \left[-\sqrt{2 \cdot g \cdot dh_{sw}} + \sqrt{2g(dh_{sw} + H_1 - (d + z_s))} \right] \quad (6.2)$$

Door het product van C_e en C_w gelijk te stellen aan C_{wd} wordt ook hier een goede benadering verkregen.

6.3.2 Dwarsprofielen

In de conversie is het winterbed op een andere manier geschematiseerd dan in SOBEK River. In SOBEK River worden zomer- en winterbed in één profiel gelegd en wordt het stuk berging tussen bodem van het winterbed en kruin van de zomerdijk als een extra doorstromend of bergend oppervlak toegekend.

In SOBEK Rural is het winterbed als parallelle tak opgenomen in de schematisatie: door vreemde schematisaties van stroomvoerende en totale breedtes in het River model was het helaas technisch niet mogelijk om de scheiding tussen de twee parallelle takken op de kruin van de zomerdijk te leggen. Om die reden is het winterbed telkens als een profiel met constante breedte (= de breedte van het winterbed ter hoogte van de bodem v/h winterbed) toegekend, en is het overige deel van de rivier op de hoofdtak gelegd.

6.3.3 Subsecties

In SOBEK River kunnen verschillende zgn. *flow sections* worden toegekend, waarbij voor iedere sectie een individuele frictiewaarde kan worden toegekend. Dit is ook het geval in het Noordelijk Delta Bekken model. Om een goede vergelijking mogelijk te maken zijn in beide modellen constante Chèzy waarden van 50 toegekend.

De SOBEK River opdeling van de profielen in subsecties is echter intact gelaten, hoewel opdeling in subsecties in tabelvormige profielen binnen Rural niet ondersteund worden.

Dit zal enkele verschillen opleveren, voor de *over all* weerstand binnen het profiel, hetgeen wordt veroorzaakt doordat het gesommeerde effect van voor individuele subsecties berekende hydraulische stralen ongelijk is aan het effect van één hydraulische straal van een compleet profiel:

$$R_{Lowland} = \frac{A_{lowland}}{P_{lowland}} \quad (6.3)$$

$$R_{River} = \sum_{n=1}^n \frac{A_n}{P_n} \quad (6.4)$$

waaruit volgt:

$$R_{River} \geq R_{Lowland} \quad (6.5)$$

waarbij:

R = natte straal	[m]
A = nat oppervlak	[m ²]
P = natte omtrek	[m]
n = sectienummer	[-]

De stroming door eenzelfde profiel zal dus in SOBEK River een lagere weerstand ondervinden doordat het profiel in dat model in secties is opgedeeld. In SOBEK Rural zullen dus enigszins hogere waterstanden worden aangetroffen en daarmee enkele verschillen in de afvoerverdeling over de Waal, Nederrijn en IJssel.

6.3.4 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden bestaan uit: een bovenstrooms opgelegd debiet bij Lobith, benedenstrooms opgelegde Q-H relaties bij Vuren, Hagestein, het Kattendiep en het Ketelmeer, en enkele laterale debieten.

6.3.5 Simulatieperiode

De berekening is uitgevoerd met een hoogwatergolf die voorkwam in februari 1995. Om tevens een kop- en staartverloop te kunnen simuleren is de hoogwatergolf uitgebreid met fictieve data:

Tabel 6.1 het verloop van de hoogwatergolf die is opgelegd aan het model.

15/12/1994 - 22/12/1994	1000 m3/s
23/12/1994 - 26/12/1994	1000 m3/s geleidelijk oplopend naar 1500 m3/s
27/12/1994 - 17/02/1995	Daadwerkelijk gemeten hoogwatergolf
18/02/1995 - 05/03/1995	3000 m3/s geleidelijk aflopend naar 500 m3/s
16/03/1995 - 15/03/1995	500 m3/s

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de bedoeling was om de afvoergolf te laten beginnen met 500 m³/s. Het River model liep echter vast bij dergelijke lage debieten in de initialisatiefase.

6.3.6 Initialisatie

SOBEK River is met de zogenaamde *autostart* optie geïnitieerd. In SOBEK Rural is een initiële waterdiepte van 10m gekozen.

6.3.7 Frictie

Om beide modellen goed met elkaar te kunnen vergelijken is een uniforme Chèzy waarde van 50 aan beide modellen toegekend.

6.3.8 Sturing van kunstwerken

De sturing van kunstwerken zoals de stuw bij Driel kon 1 op 1 worden overgezet. Hierbij dienen echter enkele opmerkingen te worden geplaatst:

In SOBEK River kan een stuwkruin tot beneden het bodemniveau zakken. In Rural is hierop een beveiliging aangebracht. Enkele fouten in relatie hiermee werden in de SOBEK River schematisatie aangetroffen:

- Sturing Driel: kruinhoogte wordt bij hoge afvoeren naar 1.25 gelegd, terwijl de bodem op 1.85m NAP ligt. De sturingsregels zijn aangepast zodat dit niet meer mogelijk was.
- Sturing Hagestein: de kruinhoogte bij hoge afvoeren wordt volgens de sturingsregels op -4.5 m NAP gezet terwijl de bodemhoogte ter plaatse -3.99 m NAP bedraagt. De sturingsregels zijn in beide modellen aangepast.

6.4 Obstakels bij het conversieproces

Bij de conversie van het SOBEK River model naar SOBEK Rural bleek zich een aantal obstakels aan te dienen. Deze obstakels zullen hieronder één voor één worden besproken.

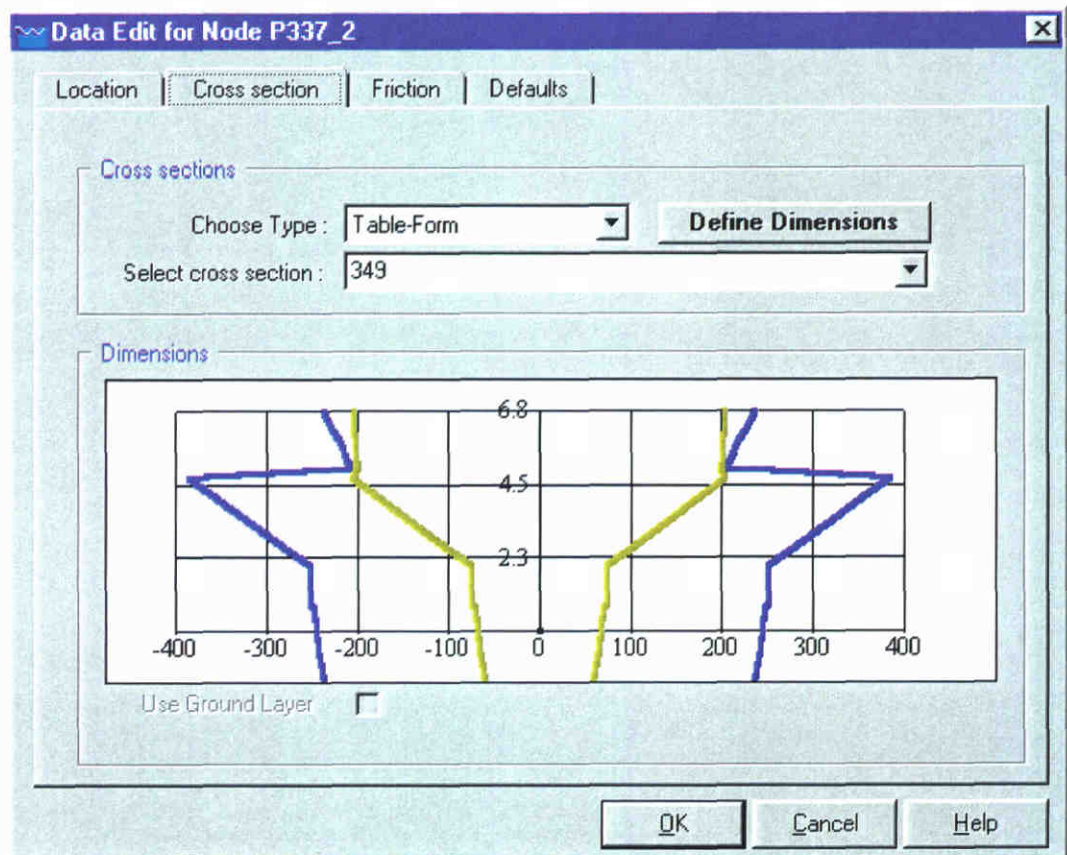
6.4.1 Oppervlakte toegekend aan winterbed te groot

In veel SOBEK River profielen blijkt de breedte van het winterbed ($B=A/(\text{kruin-baselevel})$) groter te zijn dan de breedtetoeename van het hoofdprofiel boven de zomerdijk. In de onderstaande figuur is dit verduidelijkt.

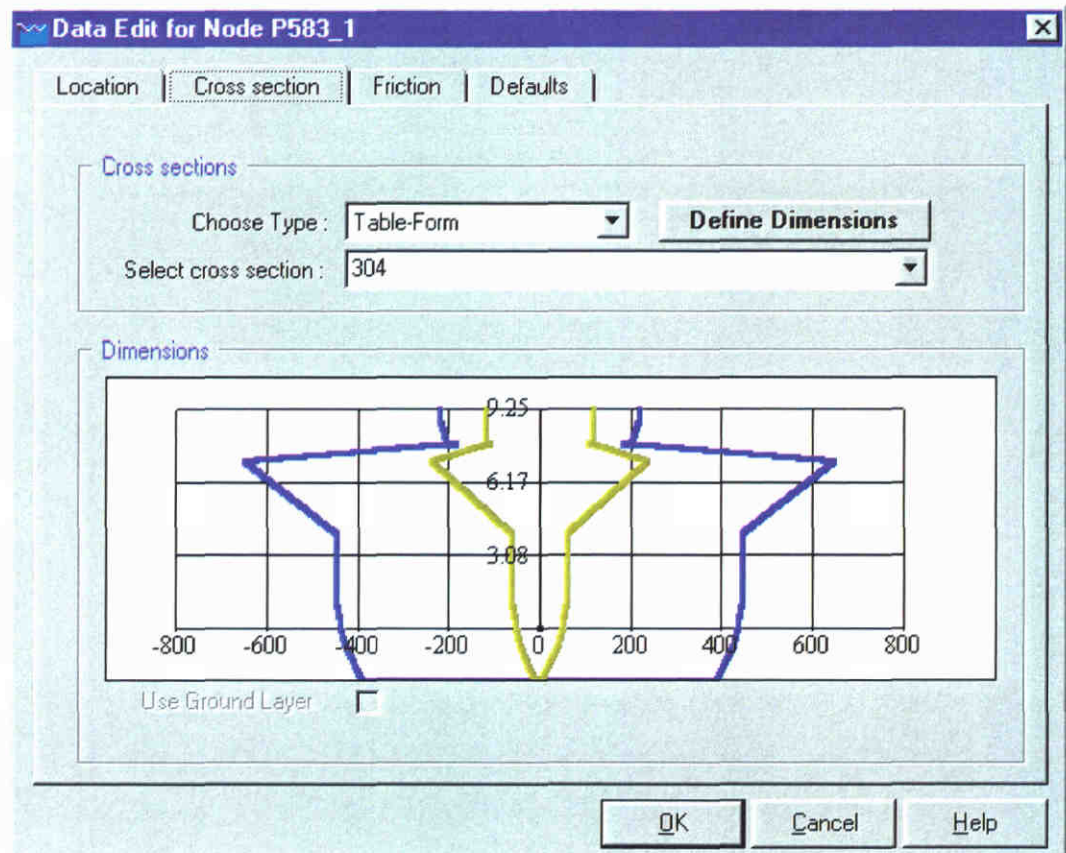


Figuur 6.2 Situaties waarbij een te groot bergend oppervlak achter de zomerdijk is toegekend

Omdat de breedte B van het winterbed boven de kruin van de zomerdijk bij de conversie naar parallelle takken moet worden afgetrokken van het originele hoofdprofiel resulteert dit in zeer onrealistische profielen voor de hoofdgeul:



Figuur 6.3 De gevolgen van foutieve uiterwaard-schematisaties in SOBEK River op de profielbeschrijvingen in SOBEK Rural na de conversie



Figuur 6.4 Een tweede voorbeeld van foutieve schematisaties in SOBEK River op het SOBEK Rural model na conversie

6.4.2 Stroomvoerende breedte neemt boven zomerdijk meer toe dan totale breedte

Bij veel profielen neemt de stroomvoerende breedte boven de zomerdijk plotseling veel meer toe dan de totale breedte. Vaak gaat de stroomvoerende breedte vanaf dat punt gelijk lopen met de totale breedte. Indien boven de kruinhoogte elke verdere breedtetoeename van het profiel zou worden toegekend aan het profiel van het winterbed, zou dit in het winterbed een stroomvoerende breedte > totale breedte opleveren.

Om bovengenoemde redenen is bij het converteren naar parallelle takken gekozen voor een winterbed met vaste breedte $B=A/(\text{kruin-baselevel})$.

Voorbeeld: profielbeschrijving 428 in SOBEK River:

Tabulated CrossSection Description [X]

Level width table	<input type="button" value="Edit..."/>
Width main channel	<input type="text" value="86"/> m
Width floodplain 1	<input type="text" value="33"/> m
Width floodplain 2	<input type="text" value="492"/> m
Sediment transp. width	<input type="text" value="86"/> m

Summerdike

Dike Crest Level	<input type="text" value="10.59"/> m
Floodplain base level	<input type="text" value="7.74"/> m
Flow area behind dike	<input type="text" value="786"/> m ²
Total area behind dike	<input type="text" value="599"/> m ²

Figuur 6.5 Voorbeeld van een profiel waar de stroomvoerende breedte boven de zomerdijk meer toeneemt dan de totale breedte

Level Width				
Level Width				
	No	Level [m]	Tot. Width [m]	Flow width [m]
Insert row...	1	1.45	101	7
Delete row	2	2.7	159	65
	3	3.93	175	81
	4	5.16	178	84
	5	6.39	180	86
	6	6.64	214	87
	7	8.22	321	88
Load Table...	8	8.32	321	227
Save Table...	9	9.46	387	286
	10	10.59	401	298
	11	10.74	616	606
	12	11.19	621	611
	13	11.25	621	611

OK Cancel

Figuur 6.6 Voorbeeld van een profiel waar de stroomvoerende breedte boven de zomerdijk meer toeneemt dan de totale breedte

6.4.3 Stroomvoerende breedte > totale breedte

Op veel lokaties in het model blijkt de stroomvoerende breedte van het zomerbed danwel het winterbed groter te zijn dan de totale breedte.

Voorbeeld: de profielbeschrijving 242 bij Driel:

doorstromend oppervlak winterbed: 905 m²;
totale oppervlak winterbed: 846 m².

Level width table		Edit...
Width main channel	333	m
Width floodplain 1	99	m
Width floodplain 2	962	m
Sediment transp. width	333	m

<input checked="" type="checkbox"/> Summerdike		
Dike Crest Level	13.9	m
Floodplain base level	12.18	m
Flow area behind dike	2378	m ²
Total area behind dike	123	m ²

Ok Cancel

Figuur 6.7 Voorbeeld van een situatie waar de stroomvoerende breedte achter de zomerdijk groter is dan de totale breedte

6.4.4 Veerstoep van Wageningen als overlaat in de hoofdgeul

De veerstoep van Wageningen is geschematiseerd als een overlaat die in de hoofdgeul ligt. De kruin van de overlaat ligt dan 10cm boven de bodem van het profiel. De breedte is gelegd op 120m om de insnoering van het water te bewerkstelligen.

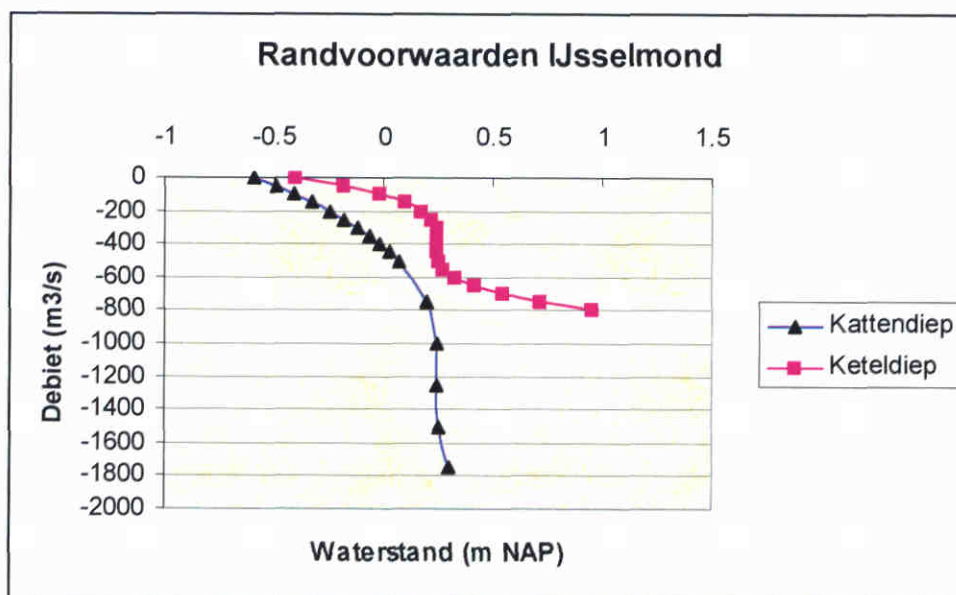
In werkelijkheid is er echter geen insnoering van het zomerbed ter plaatse van de veerstoep van Wageningen. In SOBEK Rural is de veerstoep daarom geschematiseerd door de verbinding van de parallelle tak ter plaatse te verbreken.

6.4.5 De Pannerdense overlaat

De Pannerdense overlaat bestaat in praktijk alleen uit een overlaat in het winterbed. In het zomerbed is geen kunstwerk aanwezig. In SOBEK River is de overlaat geschematiseerd als twee parallelle structures: een voor het zomerbed en een voor het winterbed. De overlaat voor het zomerbed ligt dan net boven de bodem van het profiel. Omdat in SOBEK Rural met parallelle takken gewerkt wordt kan daar het gedeelte in het zomerbed worden weggelaten.

6.4.6 Randvoorwaarden in de IJsselmond

Bij de monding van de IJssel zijn op twee lokaties randvoorwaarden opgegeven, te weten het Keteldiep en het Kattendiep. Beide randvoorwaarden bestaan uit een opgelegde Q-H relatie. De onderstaande figuur laat deze relatie zien.



Figuur 6.8 De opgelegde Q-H relaties als randvoorwaarden in de IJsselmond

In beide randvoorwaarden worden zeer steile gradiënten geconstateerd. Bij slechts geringe toename van de waterstand kan het debiet enorm stijgen. Dergelijke grote gradiënten kunnen onnatuurlijke fluctuaties in het model veroorzaken. Er kunnen daarom enkele vraagtekens worden geplaatst bij deze manier van schematiseren.

Omdat het Nederlandse rivierensysteem een traag reagerend systeem is, werd er voor de berekeningen in SOBEK Rural van uit gegaan dat een maximum Courant getal van 8 toelaatbaar is. In combinatie met de bovenstaand weergegeven randvoorwaarden levert dit echter bovengenoemde fluctuaties op.

6.5 Morfologie

6.5.1 Morfologie en Rijntakken model in SOBEK-Rivers

Voor de morfologische effectbepaling in de Rijntakken (bijvoorbeeld in het kader van beleidsstudies zoals IVR en RvR) wordt op dit moment veelal gebruik gemaakt van het Rijntakken model in SOBEK-Rivers. Hoewel het Rijntakken model slechts grofstoffelijk is geijkt, kan het een goed inzicht verschaffen in de grootschalige morfologische ontwikkeling van het zomerbed in de Rijntakken. Naar verwachting zal een verbeterde morfologische ijking (in combinatie met een herziene schematisatie) in 2001 worden uitgevoerd.

Het Rijntakken model in SOBEK-Rivers heeft een aantal relevante morfologische karakteristieken:

- Berekeningen worden uitgevoerd op basis van uniform sediment, waarbij waargenomen ruimtelijke variaties worden meegenomen, maar waarbij deze gedurende de simulatie niet veranderen (korreldiameters zijn in Boven-Rijn 2,5 à 1 mm, in Waal 1,3 à 1 mm, Pannerdens Kanaal 3,5 à 2,2 mm, Nederrijn/Lek 2,5 à 0,5 mm, in de IJssel 5 à 0,5 mm).
- Er wordt gebruik gemaakt van een “user-defined” transport formule die kan worden beschouwd als een aangepaste vorm van de Meyer-Peter en Müller transport formule (met lagere kritische schuifspanning).
- De berekende erosie en sedimentatie in een dwarsprofiel wordt verdeeld over de breedte van het zomerbed op basis van een proportionele verdeling (verandering in niveaus van het getabuleerde dwarsprofiel worden ingevoerd proportioneel aan de diepte van die niveaus). Aangenomen is dat de sedimentvoerende breedte gelijk is aan de zomerbedbreedte (breedte tussen de normaallijnen).
- Op de splitsingspunten Pannerdense Kop, IJsselkop en IJsselmond worden verdelingsfuncties voor de sedimentverdeling toegepast. Voor de Pannerdense Kop wordt een verdeling toegepast waarbij de verdeling wordt bepaald door $S_{Waal}/S_{PanKan} = 2 \cdot (Q_{Waal}/Q_{PanKan})$. Voor de andere splitsingspunten is de sedimentverdeling proportioneel aan de afvoerdeling veronderstelt (hoewel dat afhangt van de versie van het Rijntakkenmodel).

6.5.2 Morfologie in SOBEK-Rural

Voor het maken van morfologische berekeningen met SOBEK-Rural (ten behoeve van het Rijntakken model) is een numerieke oplossingstechniek geïmplementeerd die, gebruik makend van berekende sedimenttransport-gradiënten, de sedimentatie en erosie berekend in de dwarsprofielen. Anders dan in SOBEK-Rivers wordt in SOBEK-Rural gerekend met een “staggered” rekenrooster, waarbij informatie met betrekking tot waterdiepte en stroming niet tezamen op 1 roosterpunt voorkomt (zoals in SOBEK-Rivers het geval is), maar gedeeltelijk op de rekenpunten en gedeeltelijk op de tussen die punten gelegen takjes. De geïmplementeerde vorm van het numerieke schema is daarom anders dan het oorspronkelijke Lax-Wendroff type schema dat wordt gebruikt in SOBEK-Rivers.

De morfologische berekeningen komen in essentie neer op de oplossing van de sedimentbalans of continuïteitsvergelijking voor sediment:

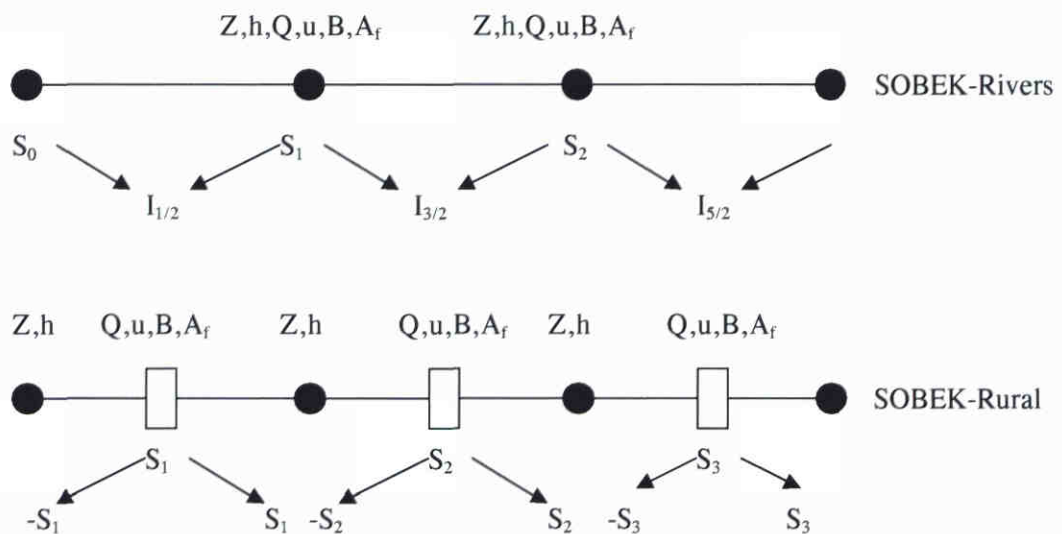
$$\frac{\partial A}{\partial t} - \frac{\partial S}{\partial x} = -S_{lat} \quad (6.5)$$

waarin:

- A = doorstroomprofiel (m²);
- S = sedimenttransport (m³/s);
- S_{lat} = laterale sedimentontrekking/suppletie zoals baggerwerk (m²/s).

Het transport is daarbij, via de sedimenttransport relatie, meestal een niet-lineaire functie van de stroomsnelheid. In SOBEK wordt uitgaande van het stroombeeld het sedimenttransport berekend. Gradiënten in sedimenttransport worden vervolgens met een numerieke oplossing van vergelijking 6.5 vertaald naar veranderingen in het dwarsprofiel.

De numerieke oplossing van vergelijking 6.5 is verschillend voor SOBEK-Rivers en SOBEK-Rural door eerdere genoemde verschillen in rekenrooster. In vereenvoudigde vorm is de opzet van het rekenschema (positie van informatie, en vertaling naar gradiënten in sedimenttransport) geïllustreerd in figuur 6.9.



Figuur 6.9 Positie van rekengrootheden op "niet-gestaggered" rekenrooster van SOBEK-Rivers en "gestaggerde" rekenrooster van SOBEK-Rural (zwarte bolletjes bevatten informatie op rekenpunten, witte blokjes bevatten informatie op verbindingselementen of takjes). Tevens geven de pijlen aan hoe de sedimenttransporten worden verdeeld ten behoeve van de sediment balans

In figuur 6.9 staat schematisch weergegeven waar de relevante rekengrootheden zijn vastgelegd in het rekenrooster van respectievelijk SOBEK-River. De grootheden in de figuur zijn gedefinieerd als:

- A_f = Stroomvoerend oppervlak in dwarsprofiel (m^2);
- B = Breedte (bijvoorbeeld sedimentvoerende breedte) (m);
- h = waterdiepte (m);
- I = sedimenttransport integraal in Lax-Wendrof type schema (m^3/s);
- Q = afvoer (m^3/s);
- S_i = sedimenttransport op roosterpunt/roosterelement "i" (m^3/s);
- u = stroomsnelheid (m/s);
- Z = bodemligging (m).

In figuur 6.9 is eveneens aangegeven hoe met de hydraulische grootheden (steeds aangegeven boven het getekende rooster in de figuur) sedimenttransporten worden bepaald.

Onderstaand is dit toegelicht voor de twee SOBEK versies, en is aangegeven op welke wijze dit leidt tot een numerieke oplossing:

SOBEK-Rivers:

1. Met de transportformule worden stroomsnelheden direct omgerekend naar transporten en “celerities” (voortplantingssnelheden) op de betreffende roosterpunten.
2. Vervolgens worden op fictieve “halfpunten” zogenaamde sedimentintegralen “I” berekend (Lax-Wendroff fluxen, met toepassing van flux-limiters).
3. Bodemveranderingen op rekenpunten worden dan berekend met behulp van de gradiënt van sedimentintegralen boven- en benedenstrooms van het rekenpunt (ongeveer als $\Delta A_1 = \Delta t \cdot (I_{1/2} - I_{-1/2}) / \Delta x$).
4. berekende veranderingen in doorstroomprofiel ΔA worden proportioneel of gelijkmatig verdeeld over het deel van het dwarsprofiel dat als morfologisch actief is aangegeven (dat valt binnen de sedimentvoerende breedte).

SOBEK-Rural:

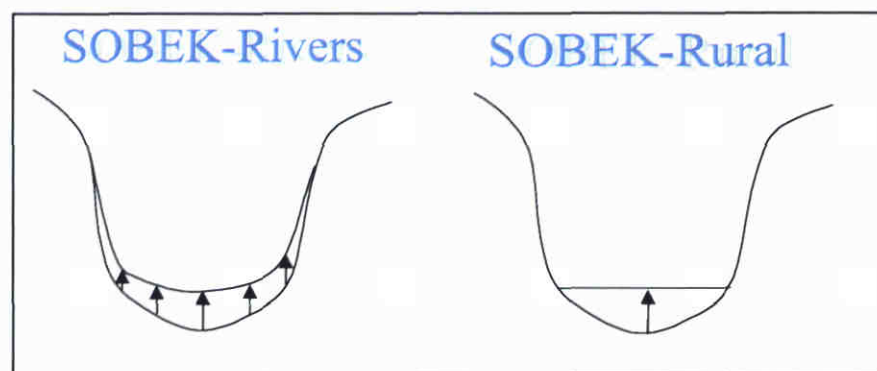
1. Met de transportformule worden stroomsnelheden direct omgerekend naar transporten op de betreffende takjes (verbindingen tussen de waterstandspunten).
2. De waterstandspunten wordt telkens twee transport-waarden toegekend: juist bovenstrooms de berekende waarde van de bovenstroomse tak S_i , juist benedenstrooms de berekende waarde van de benedenstroomse tak S_{i+1} (vermenigvuldigd met -1, d.w.z. negatief gemaakt).
3. op elk waterstandspunt (rekenpunt) kan nu een transportgradiënt ΔS worden bepaald door de twee transportwaarden bij elkaar op te tellen ($\Delta S_k = S_i + S_{i+1}$)
4. een “sedimentatie-oppervlak” wordt bepaald voor het betreffende waterstandspunt door een middeling van het oppervlak bovenstrooms (stel sectie 1) en benedenstrooms (stel sectie 2): $Opp_k = B_1 \cdot l/2 \cdot \Delta x_1 + B_2 \cdot l/2 \cdot \Delta x_1$, waarbij B_i de sedimentvoerende breedtes zijn, en Δx_i de afstanden tussen de rekenpunten (lengtes van takjes).
5. er wordt een profielaanpassing in de vorm van een “sedimentatie-diepte” berekend door de transportgradiënt op het rekenpunt te delen door het bijbehorende sedimentatie oppervlak: $\Delta z = (\Delta S_k \cdot \Delta t) / Opp_k$ (in meters).
6. Het profiel wordt aangepast door punten onder in het profiel te verwijderen of toe te voegen waarbij het “doorstroomprofiel” wordt vergroot en verkleind.

Specifieke aandachtspunten, aannames en vereenvoudigingen in SOBEK-Rural ten behoeve van deze numerieke aanpak zijn:

- Aan de instroomrand van het model wordt vooralsnog uitgegaan van een constante bodemligging (de bodem verandert niet in de tijd) als randconditie.
- Op de splitsingspunten wordt vooralsnog niet gerekend met verdelingsfuncties voor sediment, maar wordt het betreffende rekenpunt vastgehouden voor de betreffende takken. Dat betekent dat veranderingen (sedimentatie/erosie) in dit punt als het ware worden verdeeld over de drie aanliggende takken, op basis van de sedimenttransporten die worden berekend in die takken ($\Delta S_k = S_{j,in} - S_{j+1, uit} - S_{j+2, uit}$). Hoewel dit strikt genomen niet correct is (ter plaatse van de splitsing zouden bodemsprongen op moeten treden) is dit numeriek voorlopig een werkbare oplossing.

Echter, hiermee is het niet mogelijk de sedimentverdeling op het splitsingspunt te beïnvloeden, en kan de stabiliteit van de uitstromende takken niet gewaarborgd worden (een tak kan volledig aanzanden, zonder dat daar iets tegen te doen is).

- In plaats van het opknippen van de takken bij een kunstwerk zoals in SOBEK-River, wordt in SOBEK-Rural iets anders omgegaan met de kunstwerken. In principe wordt een kunstwerk gedefinieerd op een tak (op het verbindingselement tussen de waterstandspunten) en worden twee verschillende doorstroomprofielen bovenstrooms- en benedenstrooms van het kunstwerk vastgesteld. Door met deze twee verschillende doorstroomprofielen en de afvoer de stroomsnelheden te bepalen, kunnen twee verschillende sedimenttransporten worden berekend boven en benedenstrooms van het kunstwerk. Hiermee wordt het gedrag van de bodem bij een kunstwerk op een vergelijkbare wijze berekend als in SOBEK-River, hoewel deze methode enigszins gevoelig kan zijn voor keuzen met betrekking tot sedimentvoerende breedte.
- Er wordt gerekend met een constante sedimentvoerende breedte van 100 m (in geval van de Rijntakken) voor alle trajecten. Hoewel een meer gedifferentieerd breedteverloop gebruikt wordt in SOBEK-Rivers berekeningen (waarbij deze breedte meestal gelijk is gesteld aan de breedte tussen de normaallijnen), kan worden verondersteld dat het uiteindelijk om een secundair effect gaat. De breedte kan namelijk in de massabalans vergelijking worden weggedeeld, vooral omdat in de Rijntakken toepassing de variaties in langsrichting (dB/dx) relatief klein zijn ten opzichte van de absolute waarde voor de breedte. De variaties die daar uit voortkomen zijn aanzienlijk kleiner dan de variaties die ontstaan door snelheidsvariaties (en de daaruit voortvloeiende transportgradiënten) tijdens hoogwaters.
- De wijze waarop profielen worden aangepast wijkt af van de SOBEK-Rivers versie. In figuur 6.10 is het verschil geïllustreerd voor sedimentatie. De berekende bodemveranderingen zijn daardoor niet geheel vergelijkbaar (wel de veranderingen in doorstroomprofiel ΔA).



Figuur 6.10 Aanpassing van bodemligging (sedimentatie) volgens proportionele verdeling (SOBEK-Rivers) en volgens sediment diepte (SOBEK-Rural)

6.5.3 Morfologische berekeningen Rijntakkenmodel

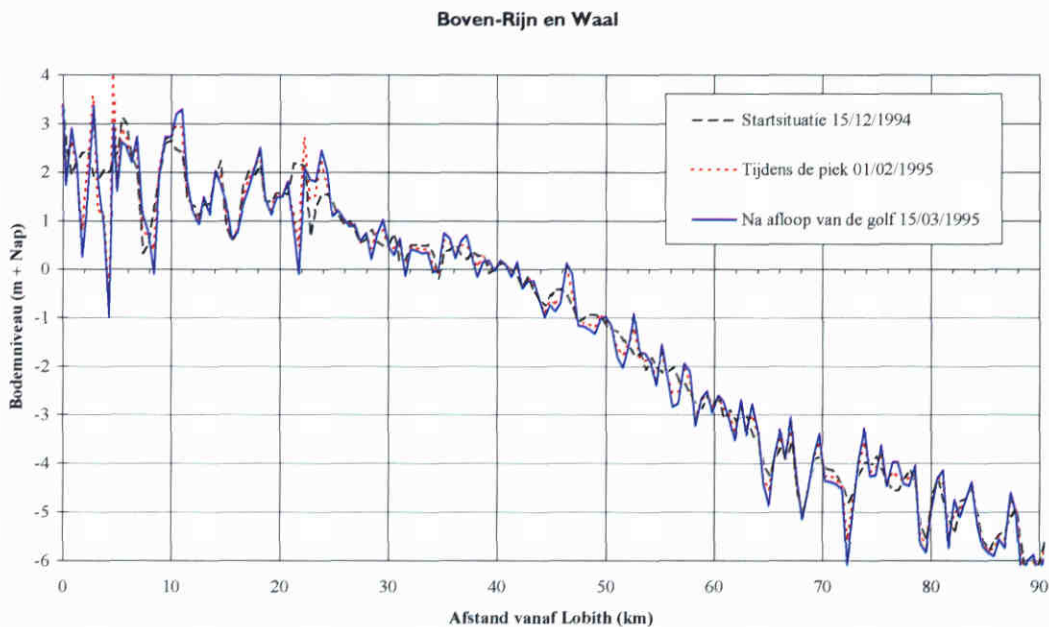
Morfologische berekeningen zijn uitgevoerd voor de hoogwatergolf van februari 1995 (zie paragraaf 6.3.5). Voor deze berekeningen zijn de volgende sedimenttransport en morfologische gegevens gebruikt:

- Constante korreldiameter D_{50} in alle takken, gelijk aan 1 mm. In werkelijkheid vertonen de korreldiameters een geleidelijke afname in langsrichting, en zijn in de bovenstroomse takken (zoals Boven-Rijn, Pannerdens Kanaal en bij IJsselkop) de diameters over het algemeen wat groter. Transporten (en morfologische veranderingen) in deze takken worden daardoor in de nieuwe berekeningen overschat.
- Transport formule van Engelund en Hansen wordt toegepast voor alle takken, met een calibratiefactor gelijk aan 1, een porositeitsfactor van 0,4 en een relatieve dichtheid van sediment van 1,65. Bij hoge afvoeren voldoet het gedrag van de Engelund en Hansen formule redelijk, alhoewel deze eigenlijk met behulp van de calibratiefactor fors zou moeten worden gereduceerd (factor orde 0,12, volgens Sloff en Mosselman, 1998). In de huidige berekeningen met SOBEK-Rural leidt dit eveneens tot verdere overschatting van de morfologische effecten.

De bovengenoemde overschatting wordt als gunstig ervaren om vast te stellen of het gedrag in overeenstemming is met verwachtingen en met uitkomsten van SOBEK-Rivers (d.w.z. vergelijkbaar met de berekende veranderingen in de “diepste” profielpunten van SOBEK-Rivers simulatie wanneer wordt gerekend met een D_{50} van 1 mm en de Engelund en Hansen transportformule). De morfologische veranderingen worden door de gekozen instelling namelijk overschat, en zijn daardoor goed waar te nemen.

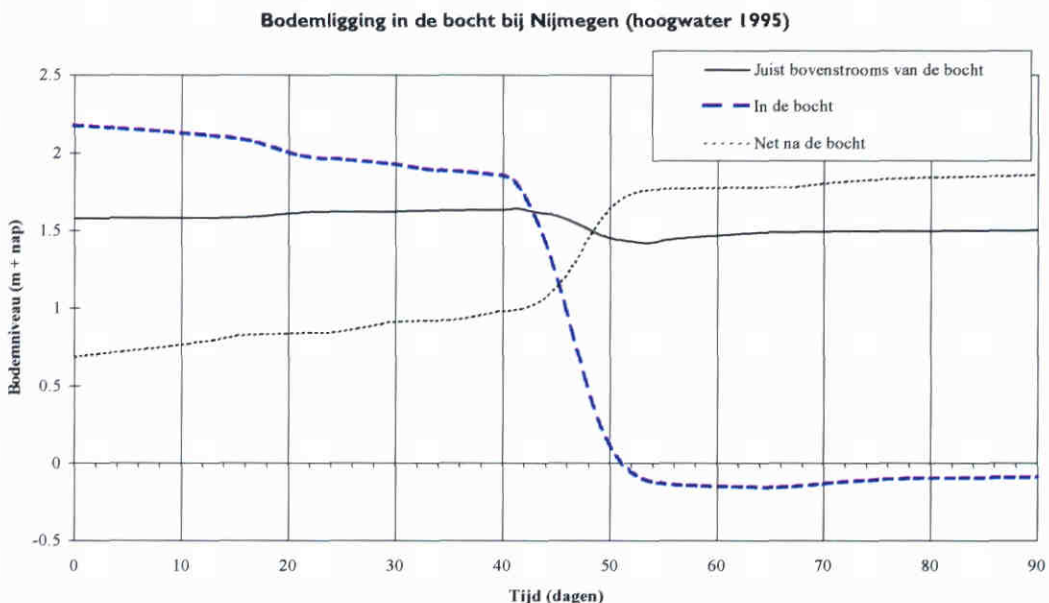
In figuur 6.11 tot en met 6.16 zijn in langsprofielen van de bodemligging de resultaten gepresenteerd van de morfologische berekeningen met SOBEK-Rural. In de figuren zijn telkens beginsituatie (15/12/1994), de bodemligging tijdens de hoogwaterpiek (01/02/1995) en de eindsituatie (15/03/1995) weergegeven. Bodemveranderingen stemmen overeen met de verwachtingen, waarbij de door het hoogwater veroorzaakte grote variaties in stroombeeld (door uitwisseling winterbed/zomerbed ter plaatse van vernauwingen en verwijdingen van het winterbed) leiden tot veranderingen in de bodemligging.

In de Boven-Rijn zijn een aantal sterke veranderingen opgetreden die samenhangen met de daar aanwezige plassen (Bijland) en Millingerdam. Ook de Waalbochten tonen sterke variaties (zoals ook bekend zijn van de SOBEK-Rivers berekeningen).



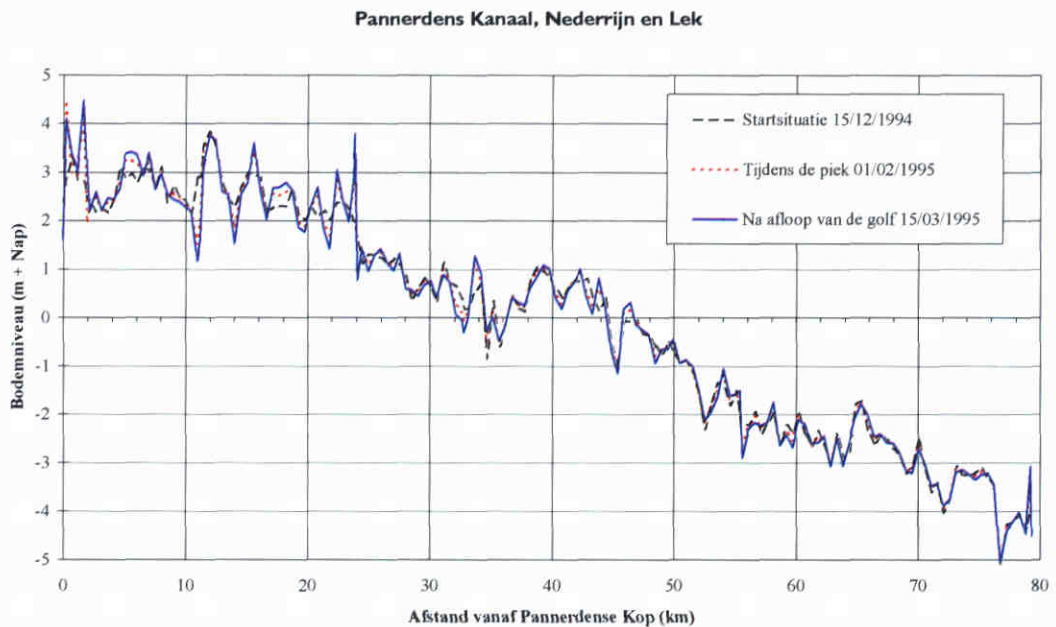
Figuur 6.11 Bodemligging berekend voor de hoogwatergolf 1995, Boven-Rijn en Waal

Ter plaatse van Nijmegen (circa 22 kilometer vanaf Lobith in de berekeningen, rond rivierkilometer 883) treedt in de berekening tijdens het hoogwater een sterke ontgraving op die samenhangt met de daar aanwezige vernauwing van het winterbed (uiterwaarden ontbreken daar vrijwel geheel). In figuur 6.12 is voor een drietal punten nabij de bocht van Nijmegen het verloop van de bodemligging weergegeven als functie van de tijd. Het materiaal dat in de bocht wordt geërodeerd zet zich benedenstrooms af (waar het als een zandgolf langzaam stroomafwaarts zal bewegen). Ook dit beeld is in overeenstemming met de verwachtingen.

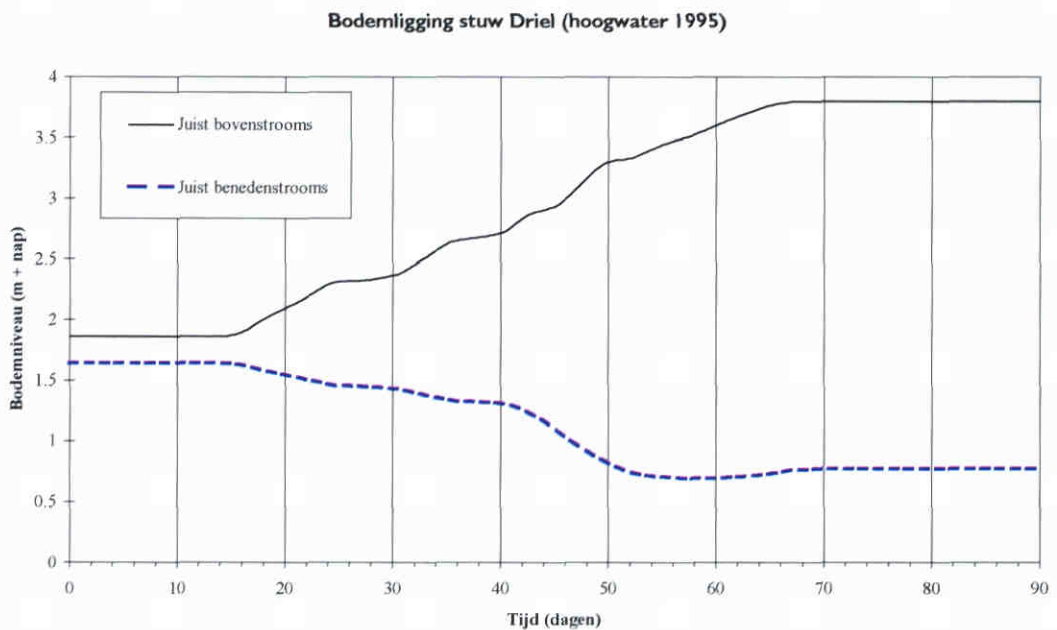


Figuur 6.12 Bodemligging als functie van de tijd, berekend in de Waal bij Nijmegen voor de hoogwatergolf 1995

Ook de berekende bodemveranderingen in het Pannerdens Kanaal en de Nederrijn en Lek stemmen overeen met de verwachtingen (figuur 6.13). De aanzanding in het begin van de Pannerdens Kanaal hangt samen met het in werking treden van de Pannerdense Overlaat. Daarnaast treedt een forse aanzanding op in de Nederrijn op circa 24 km vanaf de Pannerdense Kop, ter plaatse van de stuw Driel. Deze aanzanding hangt samen met de aanwezigheid van de stuw, en de wijze waarop deze op dit moment is geschematiseerd. Specifiek op dit punt zijn mogelijkheden voor verbetering (door beter met de breedtes om te gaan in de berekening van bodemveranderingen voor en na een kunstwerk). In figuur 6.14 zijn de bodemliggingen juist boven- en juist benedenstrooms van de stuw weergegeven. Hoewel de aanzanding bovenstrooms en de daarmee samenhangende daling van de bodem benedenstrooms het verwachte gedrag kwalitatief juist beschrijft, is de omvang van de bodemverandering waarschijnlijk sterk overschat. Bij de andere stuwen (Amerongen en Hagenstein) is dit niet zo sterk waarneembaar.



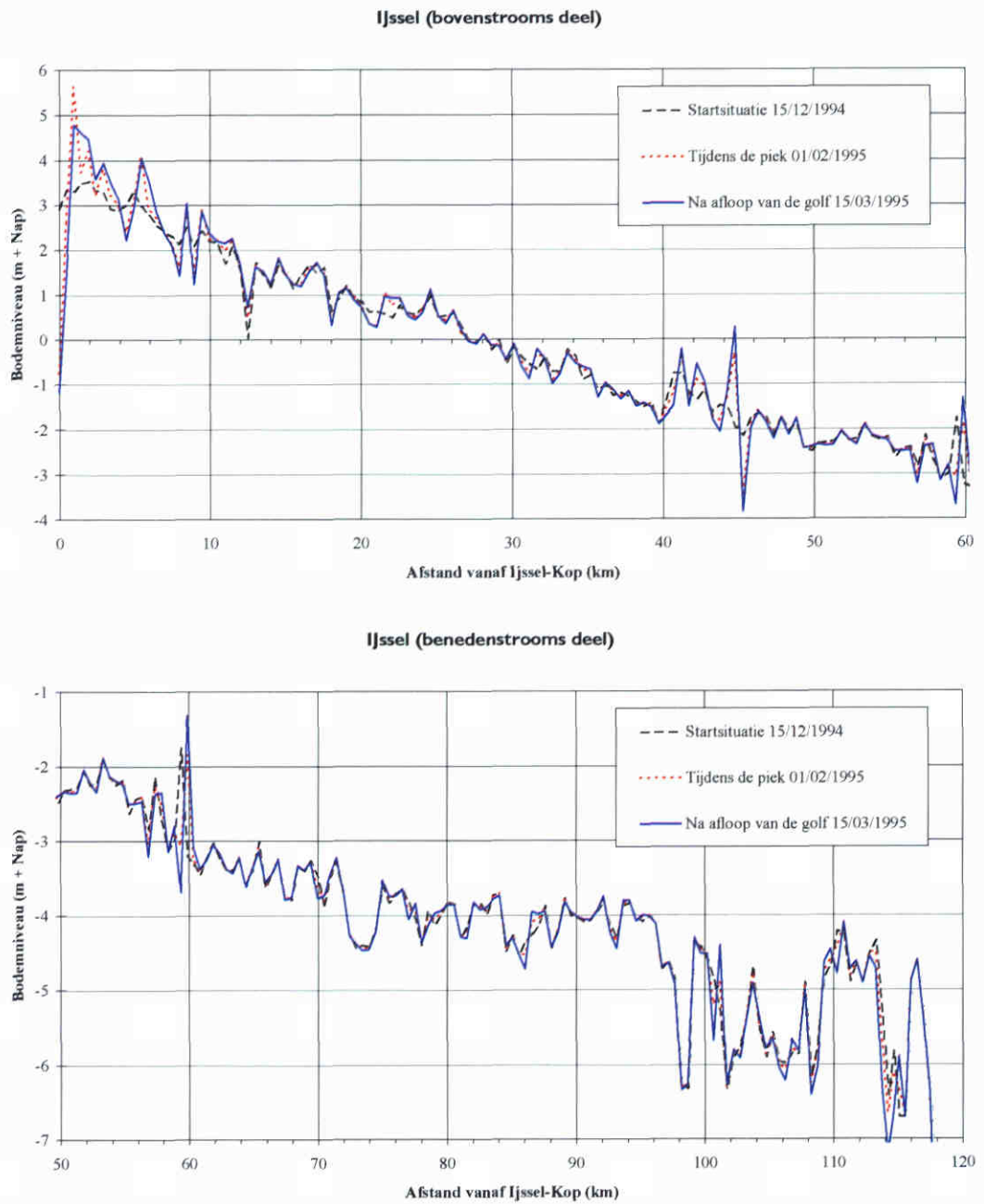
Figuur 6.13 Bodemligging berekend voor de hoogwatergolf 1995, Pannerdens Kanaal, Nederrijn en Lek



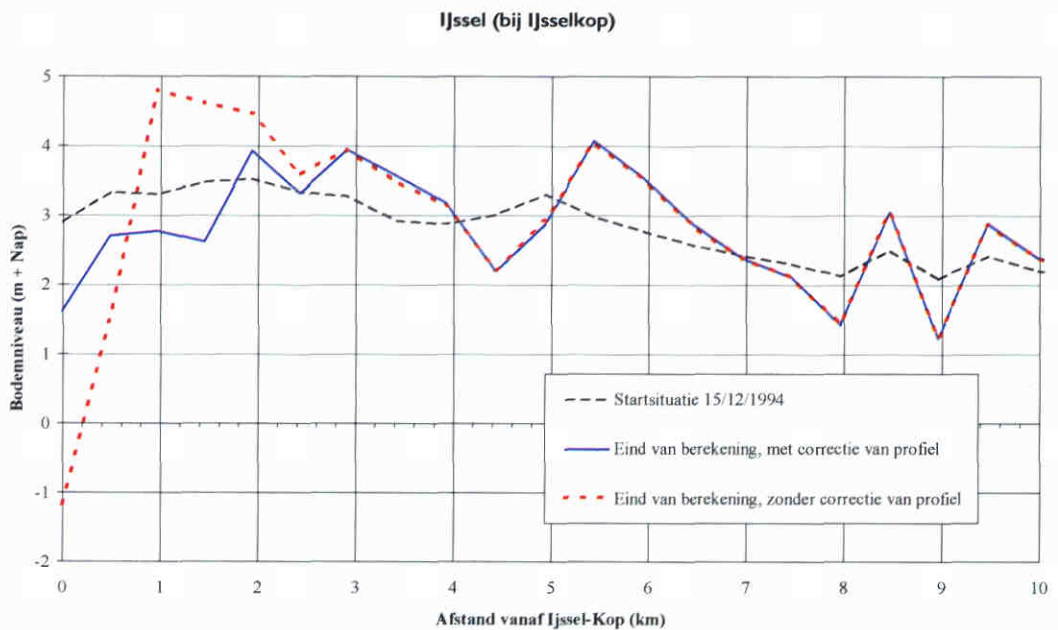
Figuur 6.14 Bodemligging als functie van de tijd, berekend in de Nederrijn ter plaatse van stuw Driel, voor de hoogwatergolf 1995

In de IJssel (figuur 6.15) zijn met name in het meest bovenstrooms gelegen punt grote veranderingen opgetreden tijdens de berekening. Deze veranderingen hangen echter samen met de schematisatie, waarbij het profiel op de IJsselkop aanzienlijk smaller is dan de daarop volgende profielen. Hierdoor treden plaatselijk grote snelheden, en forse erosiedieptes op. Om die reden is de berekening herhaald waarbij het eerste profiel van de IJssel is vervangen door het benedenstrooms gelegen profiel. De vergelijking van de resultaten in figuur 6.16 toont dat hiermee de berekende ontgroning verdwijnt. In SOBEK-Rivers is dit eveneens een bekend probleem (dat samenhangt met de GIS bewerking op het splitsingspunt zelf), en wat met ad-hoc oplossingen (zoals plaatselijk zeer vergroefde bodemsamenstelling) wordt opgelost.

De veranderingen op circa 45 kilometer vanaf de IJsselkop hangen samen met de sterke vernauwingen bij Deventer. Daarnaast is ook op circa 60 kilometer (nabij Olst) een sterke piek zichtbaar. Deze is ook te vinden in de SOBEK-Rivers simulatie.



Figuur 6.15 Bodemligging berekend voor de hoogwatergolf 1995, IJssel



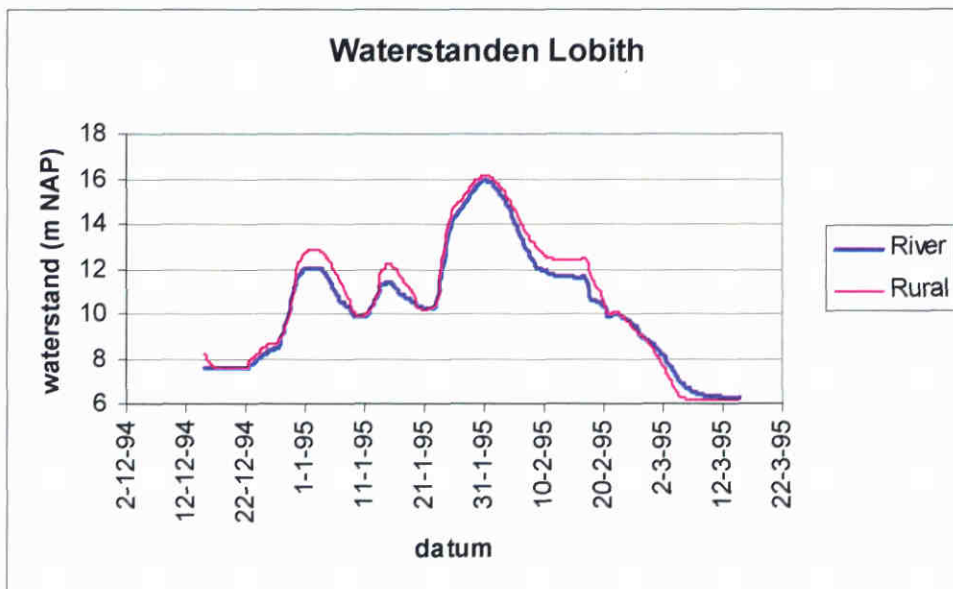
Figuur 6.16 Bodemligging berekend in de IJssel (bij IJsselkop) voor de hoogwatergolf 1995 met en zonder correctie van het eerste dwarsprofiel in de IJssel

Over het algemeen kan worden geconcludeerd, dat ondanks enkele tekortkomingen bij kunstwerken en splitsingspunten, en het gebruik van constante waarden voor breedte en bodemsamenstelling, de morfologische functionaliteit in SOBEK-Rural de morfologische processen op de juiste wijze simuleert.

6.6 Besprekingen van de resultaten

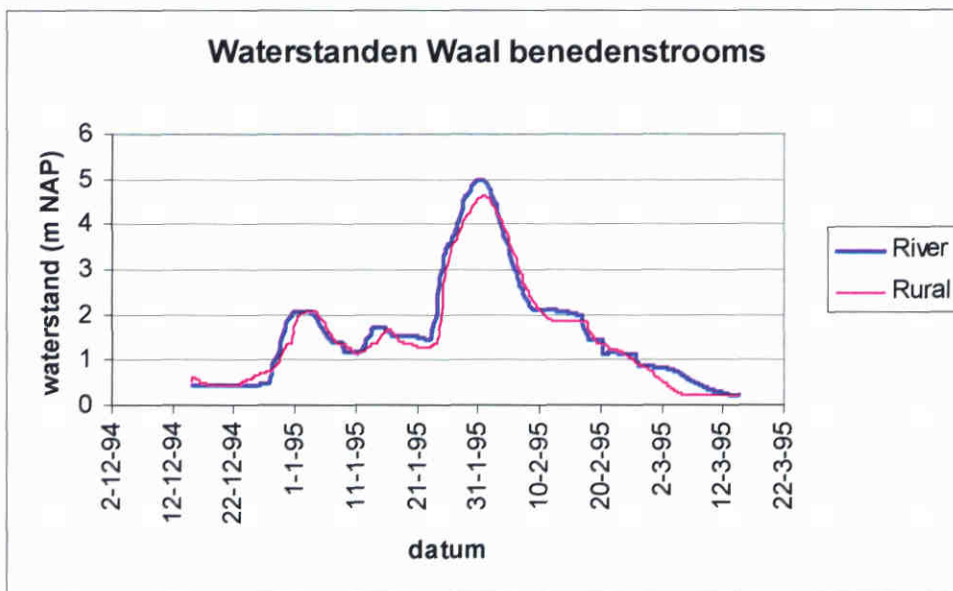
De resultaten van het Rijntakken model kunnen worden bekeken in de spreadsheets H.xls en Q.xls waar respectievelijk waterstanden en debieten uit SOBEK River en Rural met elkaar worden vergeleken.

Uit de resultaten blijkt dat de bovenstroomse piekwaterstanden in SOBEK River en Rural elkaar weinig ontlopen. Verschillen in waterstanden treden met name in het middengebied op. De waterstanden in Rural liggen dan enigszins hoger dan in River. Dit fenomeen kan goed worden verklaard met het feit dat in SOBEK River gebruik gemaakt wordt van subsecties. In SOBEK Rural worden de profielen niet opgedeeld waardoor het gehele profiel één gezamenlijke afvoercapaciteit krijgt. Bij waterstanden waarbij brede floodplains juist overstromen gaat dit ten koste van de afvoercapaciteit in de hoofdgeul.



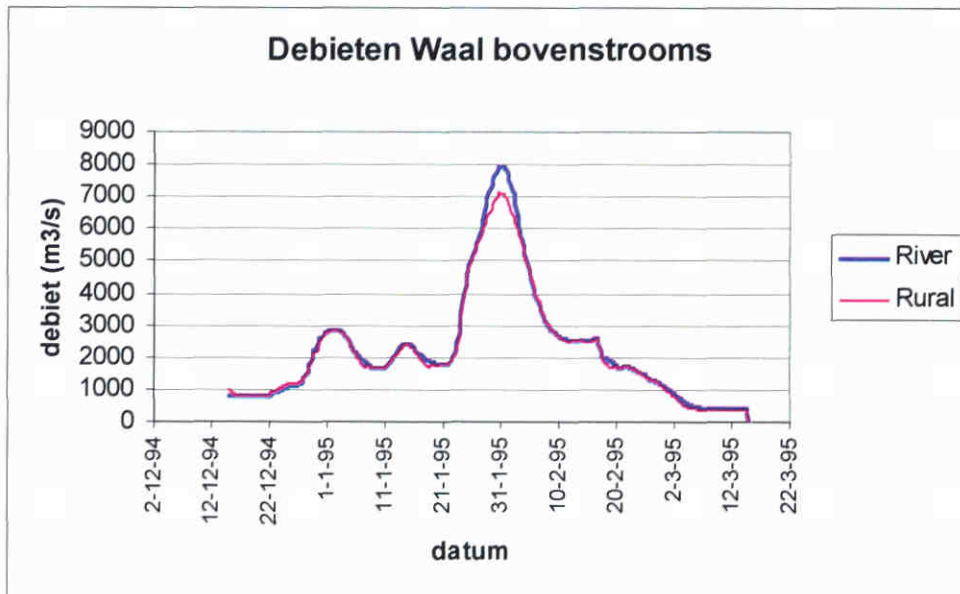
Figuur 6.17 vergelijking van de waterstanden bij Lobith.

Door de verschillen in schematisatie ondervindt het water in SOBEK Rural over de Waal een grotere *over-all* weerstand. Dit resulteert aan de benedenrand van de Waal in lagere rural-waterstanden:

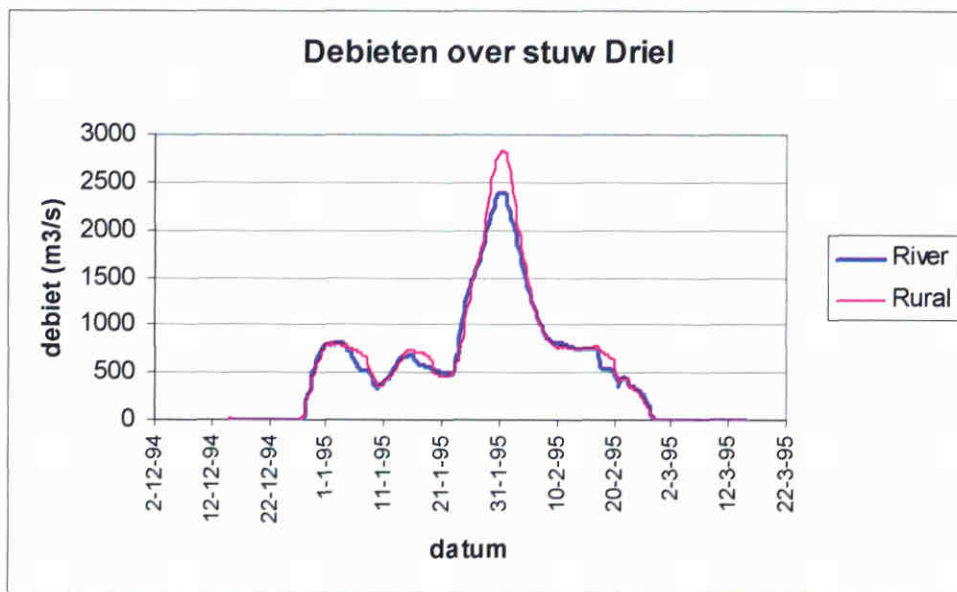


Figuur 6.18 vergelijking van de waterstanden aan de benedenstroomse rand van de Waal.

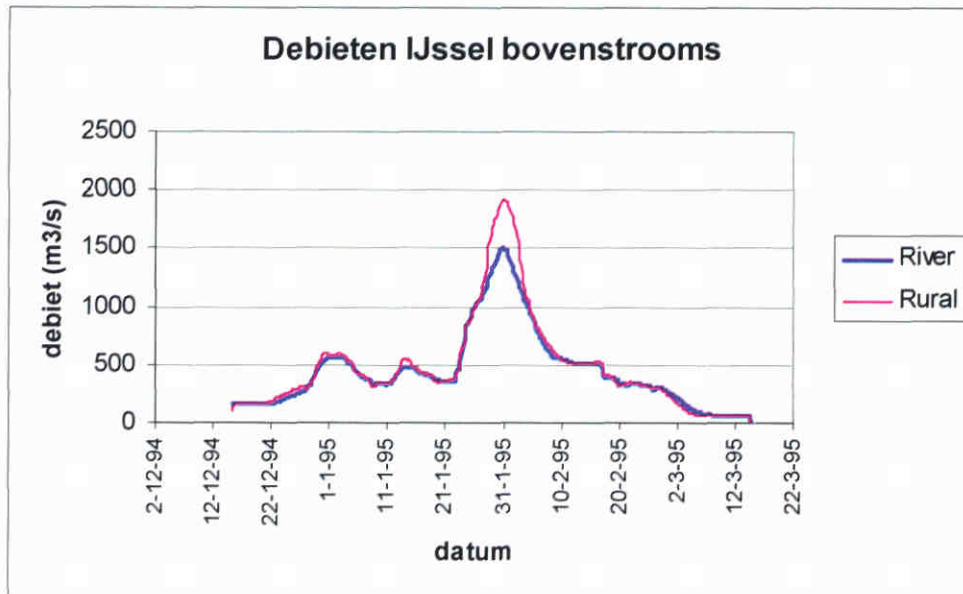
De aldus afwijkende weerstand heeft directe gevolgen voor de verdeling van de afvoer over Waal, Nederrijn en IJssel. De onderstaande figuren verduidelijken dit.



Figuur 6.19 vergelijking van de debieten aan de bovenstroomse zijde van de Waal.

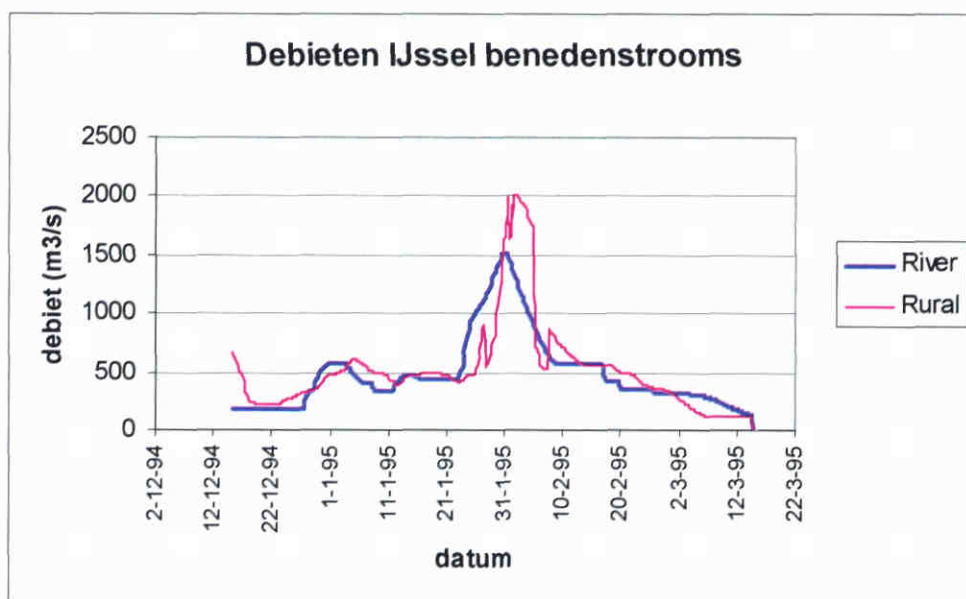


Figuur 6.20 vergelijking van de debieten over de stuw bij Driel.



Figuur 6.21 vergelijking van de debieten aan de bovenstroomse zijde van de IJssel.

Een punt van aandacht ligt aan de benedenstroomse zijde van de IJssel: de aldaar opgelegde Q-H relatie vertoont een zeer steile gradiënt. Bij geringe waterstandsstijging treedt reeds een grote debietsverhoging op. Omdat het bergend effect van het IJsselmeer niet in de Q-H relatie is inbegrepen, kunnen enkele vraagtekens worden gezet bij deze methode van schematiseren. In SOBEK Rural uit dit zich in enkele sterke fluctuaties van de debieten.



Figuur 6.22 vergelijking van de debieten aan de benedenstroomse rand van de IJssel.

De morfologische berekeningen en hun resultaten werden reeds besproken in paragraaf 6.5.3: Morfologische berekeningen Rijntakkenmodel.

7 Het Maas model

7.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de conversie van het Maasmodel van SOBEK River naar SOBEK Rural. Het originele model stond in de SOBEK River ASCII versie, hetgeen inhield dat het model geen coördinaatsysteem bevatte. Alvorens het model succesvol te kunnen converteren was het daarom noodzakelijk om aan het model in de eerste plaats een coördinatensysteem toe te kennen en het model in MDB bestandsformaat te zetten.

Speciale aandacht is uitgegaan naar de conversie van de zomerkaden en winterbed. In de profielbeschrijvingen van SOBEK Rural worden zomerkaden nog niet ondersteund. Derhalve is het winterbed geschematiseerd als een tak die parallel ligt aan de hoofdgeul. De zomerkaden zijn geschematiseerd als dwarsprofielen op takjes van 10 m lengte tussen hoofdgeul en winterbed. De conversie is uitgevoerd met de "import MDB" functionaliteit in SOBEK Rural. Deze conversie zorgde tevens voor de automatische aanmaak van parallelle takken bij profielen met zomerkade.

Extra aandachtspunt voor het Maasmodel was de simulatie bij lage afvoer. Hiertoe is een kleine afvoergolf met een lange aanloopperiode van lage debieten gesimuleerd.

7.2 Procedure

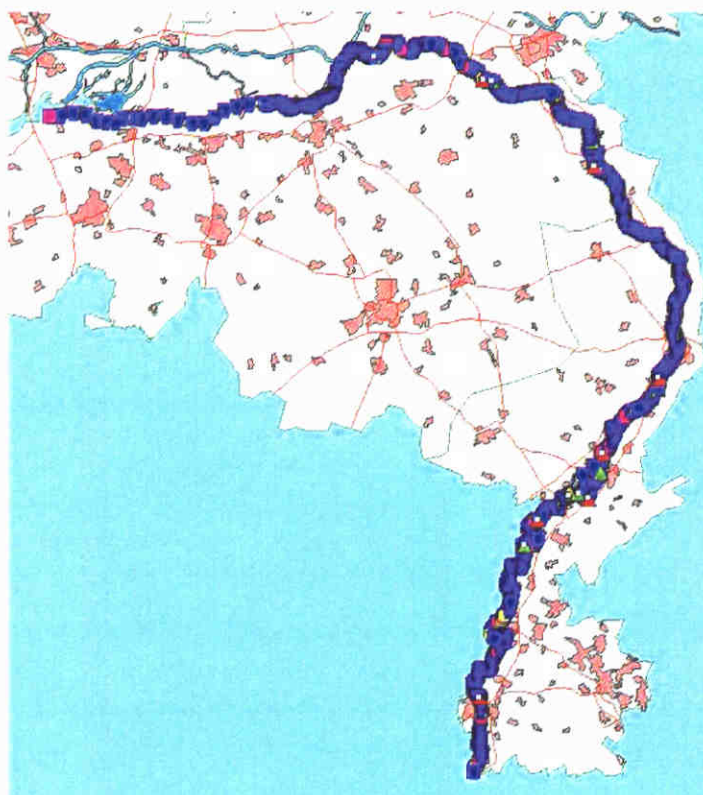
SOBEK Rural zijn de volgende stappen doorlopen:

- Aan de hand van de gegevens in het originele ASCII bestand en de topografische kaart van Nederland zijn de geografische coördinaten van de verschillende knopen in het model vastgesteld. Deze werden vervolgens in SOBEK Rural op de juiste lokatie aangemaakt. De coördinaten staan vermeld in de onderstaande tabel.
- Middels een door ing. Jan Kuipers geschreven computerprogramma genaamd TXT2MDB.EXE werd het model vanuit de ASCII versie geconverteerd naar SOBEK v1.20 en vandaar door ir. Siebe Bosch opgewaarderd naar SOBEK River v2.50.039.
- Het model werd vervolgens geïmporteerd in SOBEK Rural met behulp van de "Import MDB" functionaliteit. Gedurende dit importeerproces werden handmatig de meanders van de Maas toegekend aan de takken door m.b.v. een achtergrondkaart de loop van de rivier te volgen. Hiermee werd bewerkstelligd dat de modellengte de werkelijke rivierlengte benadert. in bijlage D wordt een overzicht gegeven van de verschillen in taklengtes tussen beide modellen.
- Kunstwerken werden handmatig in het model gedefinieerd naar het origineel.
- Uit een werkelijk opgetreden afvoerverloop werd een middelhoge piek geselecteerd en aangevuld met fictieve waarden van lage afvoeren. Dit om een langere periode met echt lage afvoeren te kunnen rekenen. De aangepaste golf werd als bovenrandvoorwaarde opgelegd aan beide modellen. Als benedenstroomse rand werd een vaste waterstand van 0.5m NAP aangehouden.

Tabel 7.1 geografische coördinaten van de knopen in de schematisatie van de Maas.

Knoop	x-coördinaat	y-coördinaat
1	175874	307608.9
2	176798.6	319249.9
3	176657.7	319881.4
4	176093.8	320322.1
5	175666.7	320741.3
6	190210.1	352601.7
7	191722.8	353152.1
8	196770.1	359885.9
9	205876.5	372102.1
10	195455.3	406500.2
11	177141.2	420842.2
12	158063.2	424770.1
13	120401	414670.1
14	106508.1	414978.2

De onderstaande figuur geeft een impressie van het model na de conversie.



Figuur 7.1 impressie van de topologie van het Maasmodel na conversie naar SOBEK Rural.

7.3 Bijzondere aanpassingen ten behoeve van de vergelijking

7.3.1 Aanpassingen in het SOBEK River model

Kunstwerken met nummers 1, 7, 17, 21 en 24 bleken in het originele model kruinhoogtes toegewezen gekregen te hebben die lager zijn dan de bodem van het bed waarin ze liggen. Omdat SOBEK Rural in dergelijke situaties de minimale kruinhoogte van een kunstwerk automatisch legt op de bodemhoogte van het bed zijn de kruinhoogtes in het SOBEK River model aangepast. De nieuwe kruinhoogtes werden:

Tabel 7.2 overzicht van de kunstwerken waarvan de kruinhoogte is gecorrigeerd voor de bodemhoogte.

Kunstwerk nr.	Kunstwerk naam	Originele kruinhoogte (m NAP)	Kruinhoogte na correctie voor bodem
01	St Servaesbrug	38.21	38.28
07	Brug Wesseem, winterbed	22.08	22.09
17	Stuw Belfeld, winterbed	14.76	16.57
21	Spoorbrug Mook, zomerbed	1.78	1.82
24	Stuw Lith, winterbed	5.51	5.24

Omdat SOBEK Rural geen kunstwerken van het type "General Structure" kent zijn alle kunstwerken van dit type in SOBEK River gewijzigd in het type "Weir". Voor de afmetingen hiervan is uitgegaan van het smalste stuk uit de oorspronkelijke beschrijving van het kunstwerk. In SOBEK Rural zijn deze kunstwerken op dezelfde manier geschematiseerd.

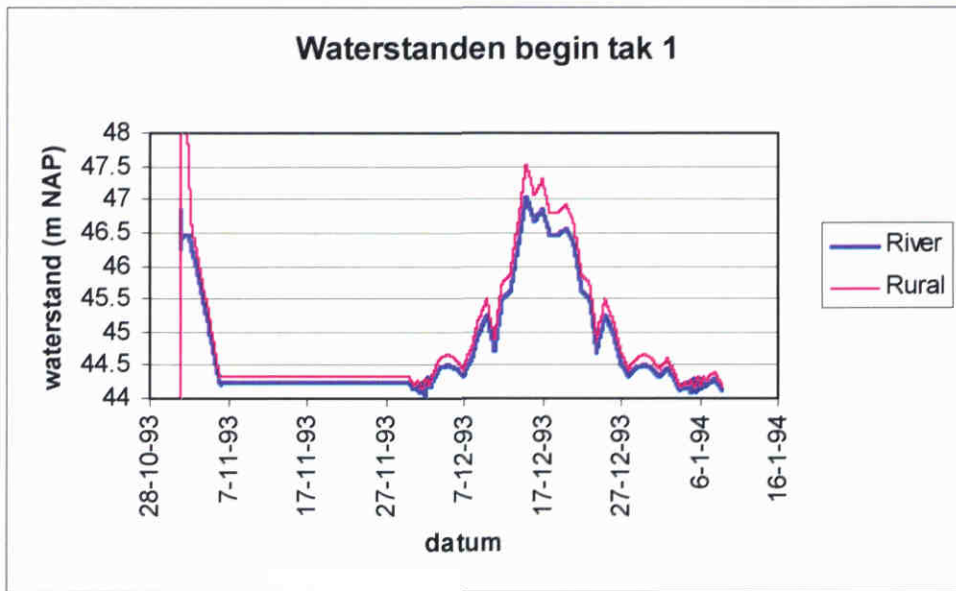
7.3.2 Aanpassingen in het SOBEK Rural model

In sommige gevallen wordt de doorstroming van een uiterwaard onderbroken door de aanwezigheid van b.v. een veerstoep of een brug. De stroming moet dan worden ingesnoerd tot de hoofdgeul. In SOBEK River wordt dit veelal bewerkstelligd door een kunstwerk in de hoofdgeul te leggen met een kruinhoogte onder bodemniveau. De breedte van dit kunstwerk wordt dan gelijk gemaakt aan de maximale gewenste stroomvoerende breedte. Aangezien de schematisatie in SOBEK Rural beschikt over parallel liggende takken kan worden volstaan met een kleine onderbreking van de tak die het winterbed representeert. Dit is gebeurd voor kunstwerken met de nummers 11 en 14 (resp. verkeersbrug Roermond en spoorbrug Roermond).

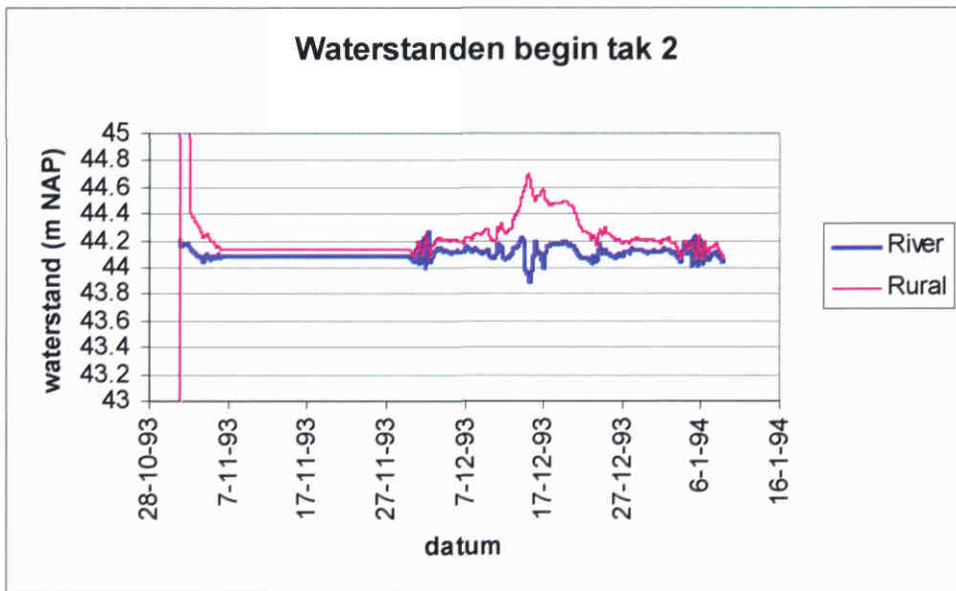
7.4 Besprekingen van de resultaten

7.4.1 Waterstanden

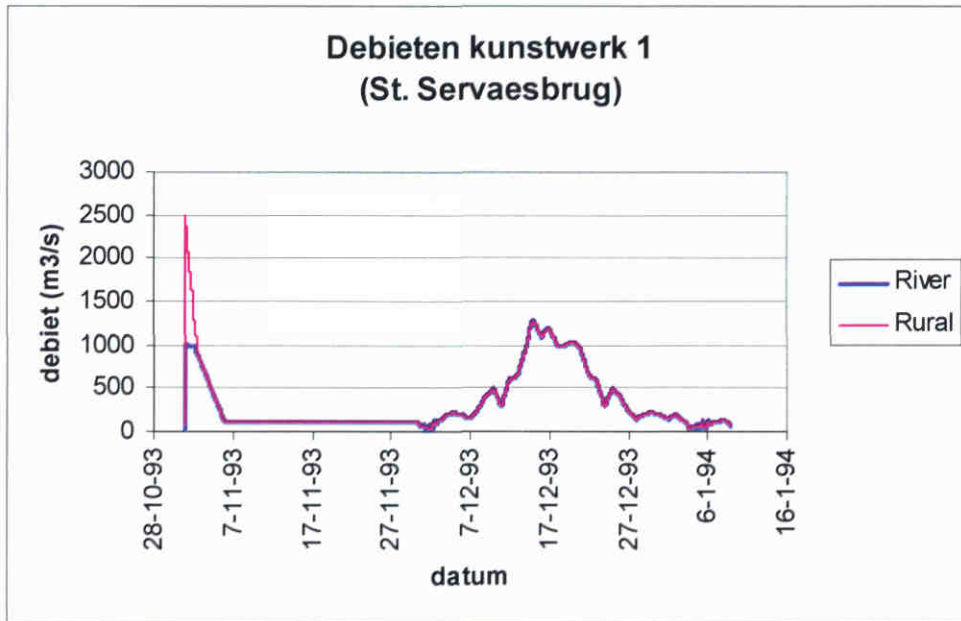
In het algemeen kunnen de resultaten bij een vergelijking van de waterstanden goed worden genoemd. Bij enkele verschillen moet echter wel worden stilgestaan.



Figuur 7.2 vergelijking van de waterstanden aan de bovenstroomse zijde van de Maas.



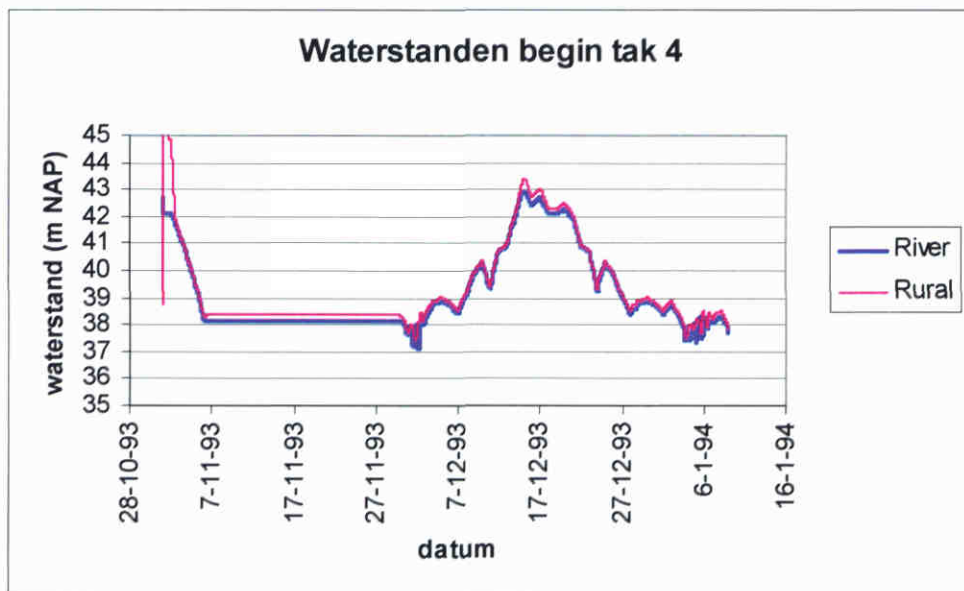
Figuur 7.3 vergelijking van de waterstanden aan het begin van tak #2 in de schematisatie.



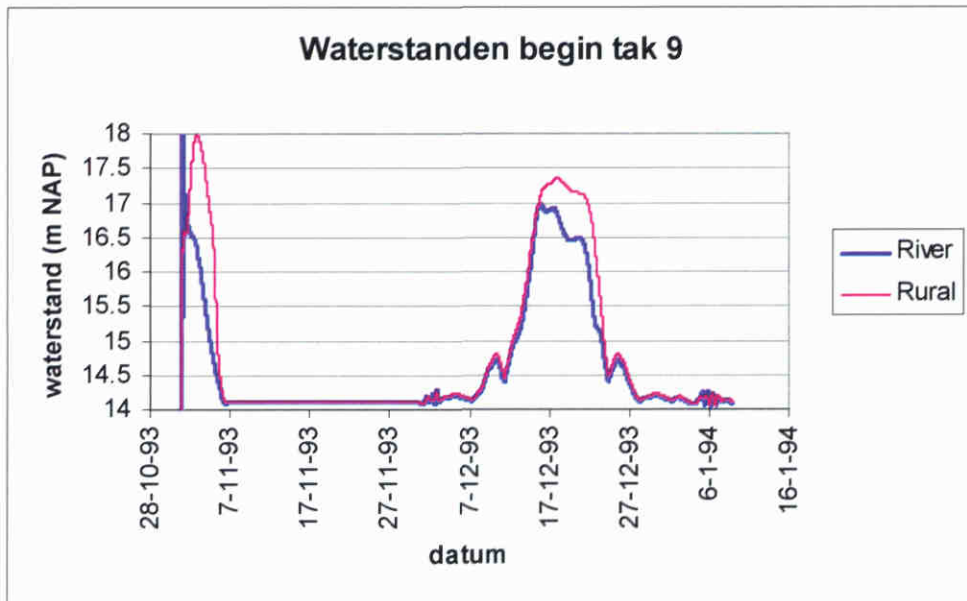
Figuur 7.4 vergelijking van de debieten over de St. Servaesbrug bij Maastricht.

Geheel bovenstrooms, aan het begin van tak 1, wordt in het Rural model een iets hogere waterstand aangetroffen dan in het River model. 14 kilometer verder benedenstrooms (begin tak 2) is dit verschil nog een stuk groter, terwijl voorbij tak 3 de waterstanden weer keurig op elkaar liggen. Aan de debieten over de St. Servaesbrug, die zich op tak 1 bevindt, is echter niets afwijkend te ontdekken.

Dit fenomeen wordt veroorzaakt doordat op de eerste tak zeer snel stromend water voorkomt. Bij hoge snelheden gaat het verschil in afhandeling van de afvoerformules tussen River en Rural sterk meespelen. Omdat SOBEK River bij de berekening van de debieten over een stuw rekening houdt met de snelheidshoogte, terwijl SOBEK Rural dit niet doet. Hierdoor wordt bij gelijk verval in SOBEK River een groter debiet doorgelaten.



Figuur 7.5 vergelijking van de waterstanden aan het begin van tak #4 in de schematisatie.

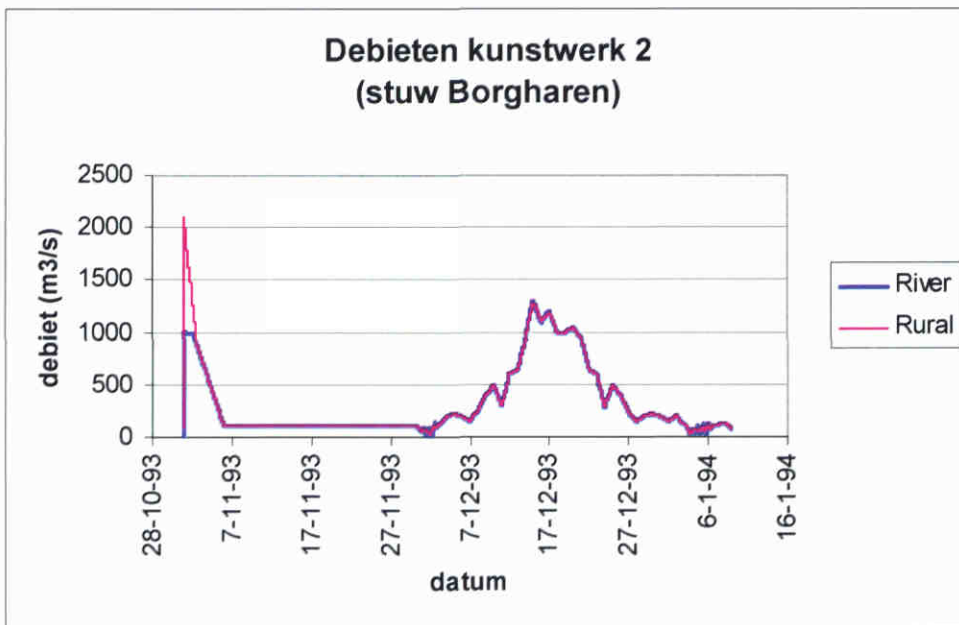


Figuur 7.6 vergelijking van de waterstanden aan het begin van tak #9 in de schematisatie.

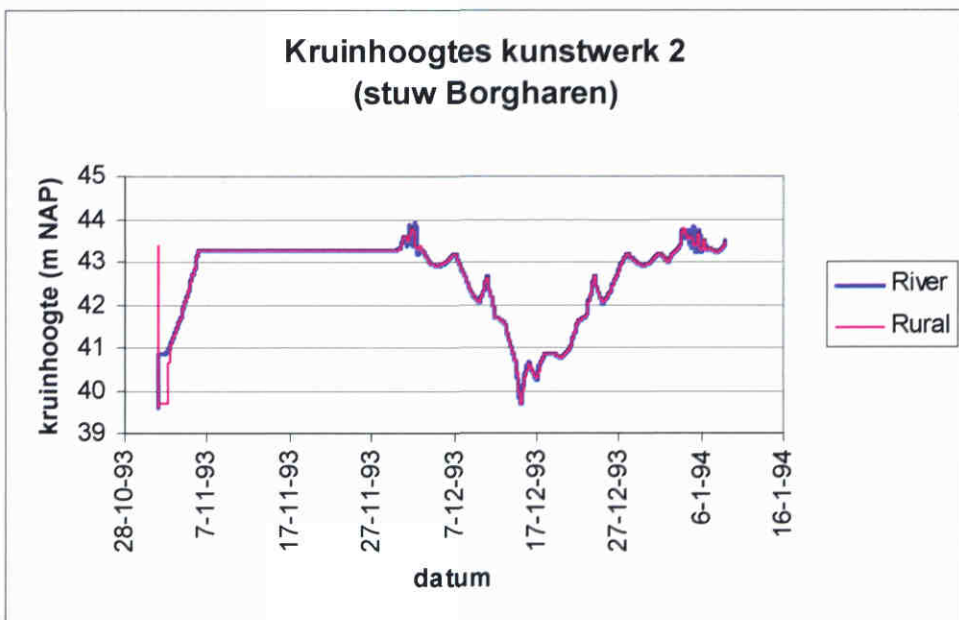
Nog verder benedenstrooms kan worden geconstateerd dat het effect van de subsecties een groot stempel drukt op de resultaten: doordat in SOBEK River gebruik wordt gemaakt van subsecties, terwijl deze in Rural niet voorkomen, krijgt Rural bij hoge waterstanden een grotere *over all* frictiewaarde te verwerken. Dit resulteert in een grotere opstuwning en een vertraagde looptijd.

7.4.2 Debieten en sturing bij kunstwerken

Omdat de sturing in het SOBEK Rural model identiek is gemaakt aan degene in het River model zien we zeer goed overeenkomende beelden. Het enige merkbare verschil tussen beide modellen wordt benedenstrooms zichtbaar: doordat de looptijd in het Rural model enigszins groter is dan die in het River model, komt ook de afvoerpiek wat later bij het meetstation van het betreffende kunstwerk. Hierdoor reageert het betreffende kunstwerk later. Onderstaand zijn enkele figuren toegevoegd die dit verduidelijken.

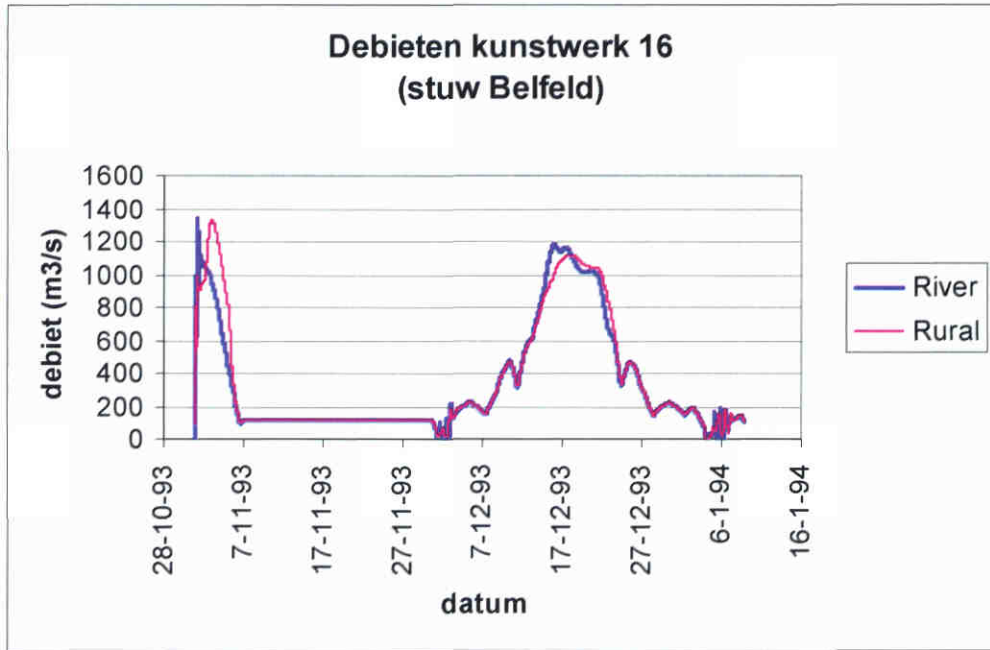


Figuur 7.7 vergelijking van de debieten over de stuw bij Borgharen.

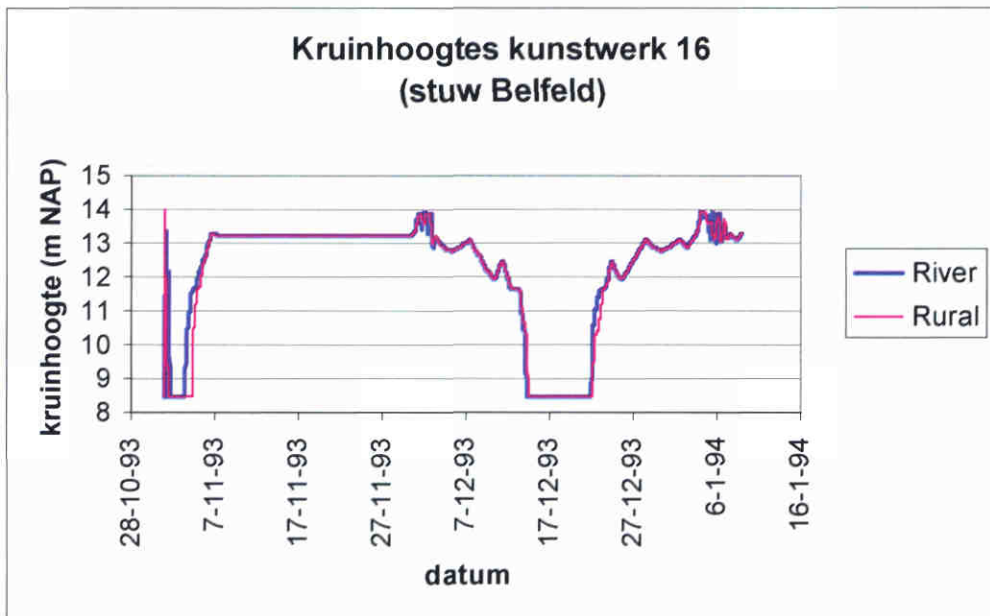


Figuur 7.8 vergelijking van het kruinhoogte-verloop van de stuw bij Borgharen.

De resultaten van de stuw bij Borgharen laten zien dat beide modellen bovenstrooms vrijwel identiek reageren op de confrontatie met een hoogwatergolf.

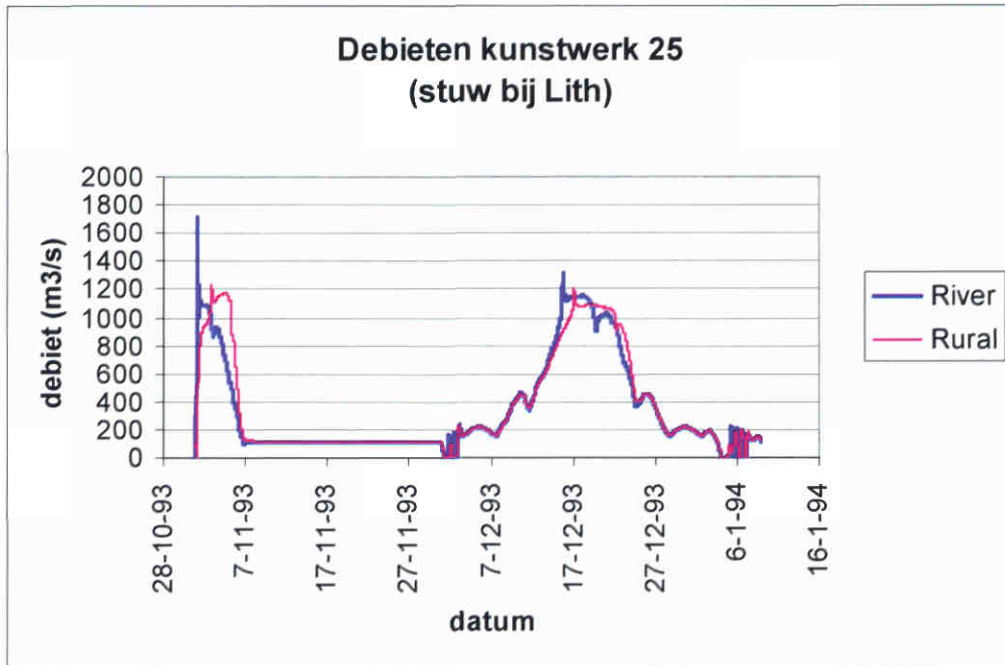


Figuur 7.9 vergelijking van de debieten over de stuw bij Belfeld.

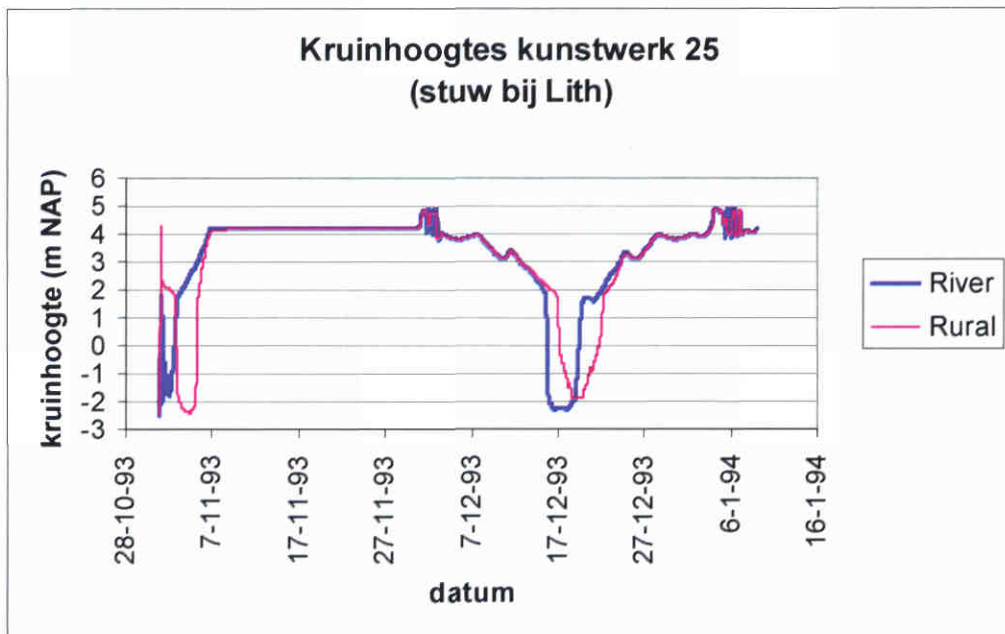


Figuur 7.10 vergelijking van het kruinhoogteverloop van de stuw bij Belfeld.

Verder benedenstrooms bij kunstwerk 16 (stuw Belfeld) manifesteren zich bij hogere afvoeren kleine verschillen in de debieten over de stuw. De piek in SOBEK Rural is iets lager en komt iets later. Deze verschillen kunnen worden toegewezen aan het feit dat in het River model subsecties worden gebruikt om onderscheid te maken tussen *main section* en *floodplains*. SOBEK Rural krijgt dan bij gelijke waterstand te maken een grotere *over all* frictiewaarde. Dit veroorzaakt een grotere opstuwing en daarmee een lagere golfvoortplantingssnelheid, resulterend uit de bijbehorende lagere karakteristieke snelheid.



Figuur 7.11 vergelijking van de debieten over de stuw bij Lith.



Figuur 7.12 vergelijking van het kruinhoogteverloop van de stuw bij Lith.

Geheel benedenstrooms bij kunstwerk 25 (stuw Lith) komt het bovengenoemde effect nog sterker naar voren.

8 Referenties

Sloff, C.J. en E. Mosselman (1998) Voorbereiding ijking Rijntakkenmodel, Rapport Q2460, WL | Delft Hydraulics.

Bijlagen

A Ingebrachte functionaliteiten en opgeloste bugs

- v2.13.000.01 ARS 4063: Functionaliteit zoutberekening
- v2.13.000.02 ARS 4366: Bug boundary switch (in wordt uit)
- v2.13.000.03 ARS 4426: Onterecht negatieve debieten door onderlaat.
ARS 3980: Importeren BNA file levert incorrecte vector laag
- v2.13.000.04 ARS 4459: Onderscheid stroomvoerend en totale breedte
- v2.13.000.05 ARS 4870: cannot read object 7.
- v2.13.000.06 ARS 4915: Functionaliteit import MDB
ARS 4841: Reading MDB with object identifiers by Netter wrong.
- v2.13.000.07 ARS 4954: Compound structures missen na import River model.
- v2.13.000.08 ARS 5351: Import MDB option in user interface.
ARS 5273: Error Invalid procedure or argument.
ARS 5067: dubbeltelling winterbed bij importeren River model.
- v2.13.000.09 ARS 5546: importeren levert illegale reach ID = 0 op.
ARS 5508: Run time Error 11 tijdens importeren River model.
ARS 5445: PROFILE.DEF file incorrect geschreven bij import.
ARS 5440: na import missen profielen op enkele winterbedden.
- v2.13.000.10 ARS 5972: Op randknoop wordt verkeerd bodemniveau toegekend
ARS 5961: verkeerd berekende natte omtrek als B-flow < B-totaal
- v2.13.000.11 ARS 5971: PARSEN geeft geen onderscheid B-flow-B-totaal door.
- v2.13.000.12 ARS 5720: Functionaliteit morfologie
ARS 6329: Bij laminaire stroming werd 1cm/s opgeteld bij de snelheid. Deze is weer verwijderd.
ARS 5538: Convergentieproblemen in schematisaties met yz profielen. opgelost.

B Installatieprocedure en gebruik van zout en morfologie

Zoals vermeld in hoofdstuk 2 is voor dit project een speciale SOBEK Rural versie in het leven geroepen: v2.13.000.12. De basis hiervoor ligt bij de SOBEK ontwikkelversie v2.06.000.35w. De installatieprocedure is daarom als volgt:

- Installeer v2.06.000.35w op de harde schijf van de computer;
- Kopieer de set met bestanden voor versie v2.13.000.12 over de zojuist geïnstalleerde versie heen.

Voor het gebruik van de zout- en morfologie functionaliteiten dienen enkele eenvoudige *switches* te worden omgezet in het bestand SOBEKSIM.INI, dat zich bevindt in de directory <Disk>:\sobek\programs\flow\fixed. De switches heten respectievelijk:

- Morphology (0 = uit, -1 = aan) *let op het minteken!*;
- Salinity (0 = uit, -1 = aan).

Let op: beide items komen TWEE keer voor in het INI bestand: eenmaal onder de kop [ResultsNodes] en eenmaal onder de kop [SimulationOptions]. De eerste is bedoeld om het schrijven van de resultaten aan of uit te schakelen, de tweede schakelt de berekening van de betreffende functionaliteit zelf aan of uit.

De resultaten van berekeningen met zout en morfologie zullen worden weggeschreven naar het bestand CALCPNT.HIS. Dit is hetzelfde bestand als hetgeen waarnaar de waterstanden worden weggeschreven.

C Verschillen in taklengtes Rijntakken model tussen River en Rural

Reach identifiers	Reach names	River length (m)	Rural length (m)	Difference (%)
R0	Bovenrijn	5073.17	5040.00	0.65
R1	Waal	85730.040	82986.00	3.20
R2	Pannerdensch kanaal	11221.17	11279.00	-0.51
R3	Nederrijn Lek	68237.67	66328.00	2.80
R4	IJssel	115089.800	113773.000	1.14
R5	Keteldiep	4325.560	4500.000	-3.88
R6	Kattendiep	509.073	500.000	1.78

D Verschillen in taklengtes Maasmodel tussen River en Rural

Reach identifiers	Reach names	Map length (m)	Model length (m)	Difference (%)
R01	BRN01	12605.130	12058.000	4.34
R02	BRN02	654.265	651.000	0.50
R03	BRN03	734.257	739.000	-0.64
R04	BRN04	618.464	601.000	2.82
R05	BRN05	50315.700	50757.000	-0.87
R06	BRN06	1631.993	1643.000	-0.67
R07	BRN07	14946.580	15052.000	-0.70
R08	BRN08	8707.474	9000.000	-3.25
R09	BRN09	17536.560	16870.000	3.80
R10	BRN10	44077.500	44721.000	-1.44
R11	BRN11	30345.030	27726.000	8.63
R12	BRN12	24422.840	25121.000	-2.78
R13	BRN13	45344.460	45616.000	-0.60
R14	BRN14	14515.560	14783.000	-1.81



WL | Delft Hydraulics

Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

